



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

“Annexes”

TÍTOL: Estudio de los datos del catálogo en motores de inducción trifásicos.

AUTOR: Silvia Carreño Peña.

TITULACIÓ: Ingeniería Técnica Industrial

DIRECTOR: Marcel Torrent i Burgués

DEPARTAMENT: Electricidad

DATA:

Contenido

ANEXO I “Graficas para relacionar los diferentes parámetros del motor con la potencia y el número de polos”.

ANEXO II “Resultados obtenidos en los diferente motores analizados.”

ANEXO III “Análisis de la sensibilidad.”

ANEXO I

“Graficas para relacionar los diferentes parámetros del motor con la potencia y el numero de polos”.

Motores de inducción de 2 polos hasta 1 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 2 polos y potencia hasta 1 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

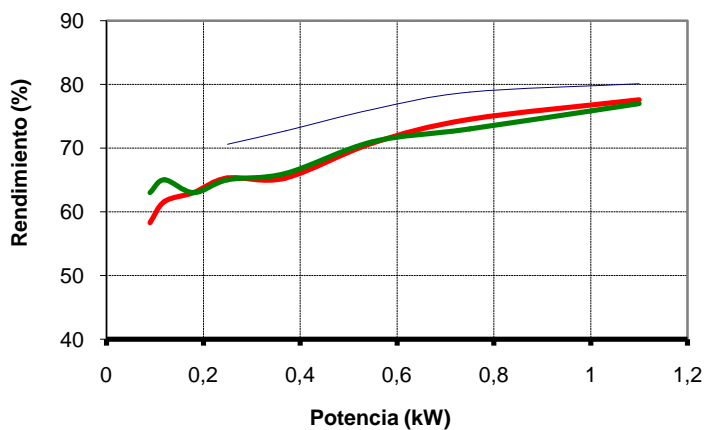


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 75,841 \cdot P^{0,1083} \quad \eta \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del factor de potencia con la potencia:

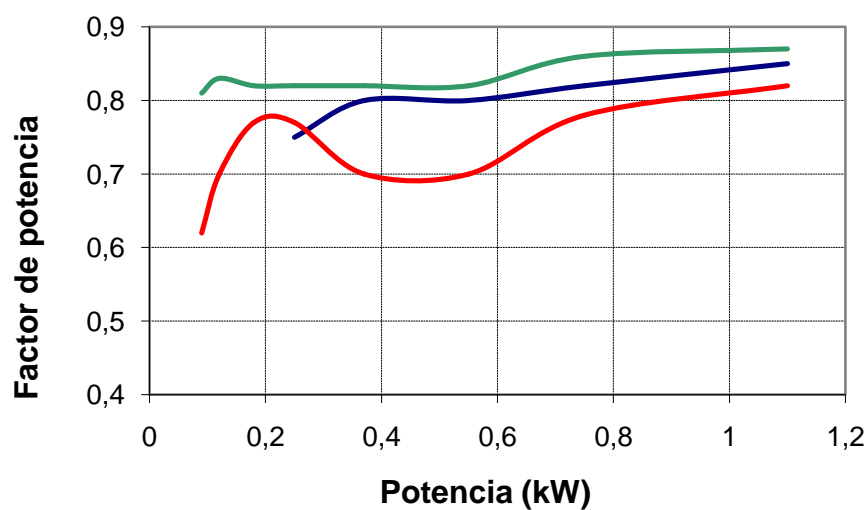


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,8425 \cdot P^{0,0751} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en kW.}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

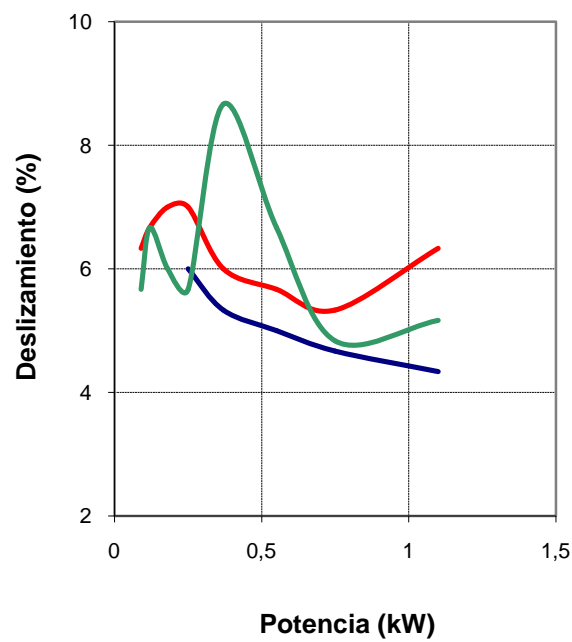


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 5,8148 \cdot P^{-0,0635} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

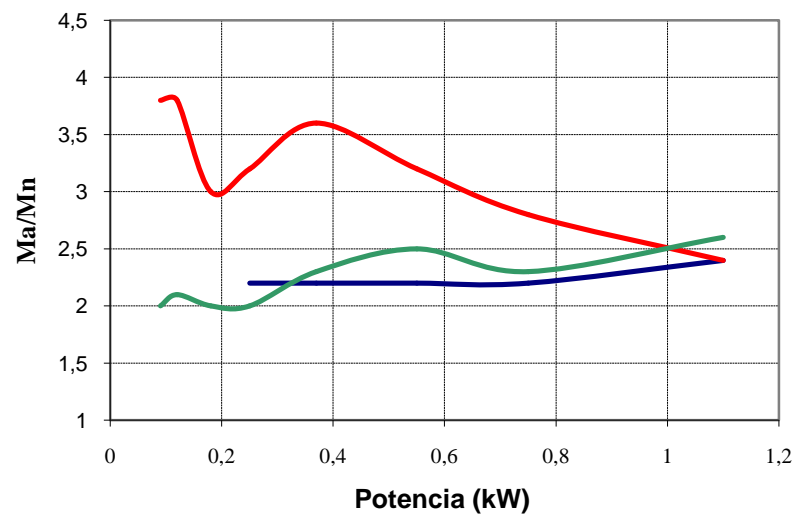


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 2,4986 \cdot P^{0,1027} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio M_{max}/M_n con la potencia:

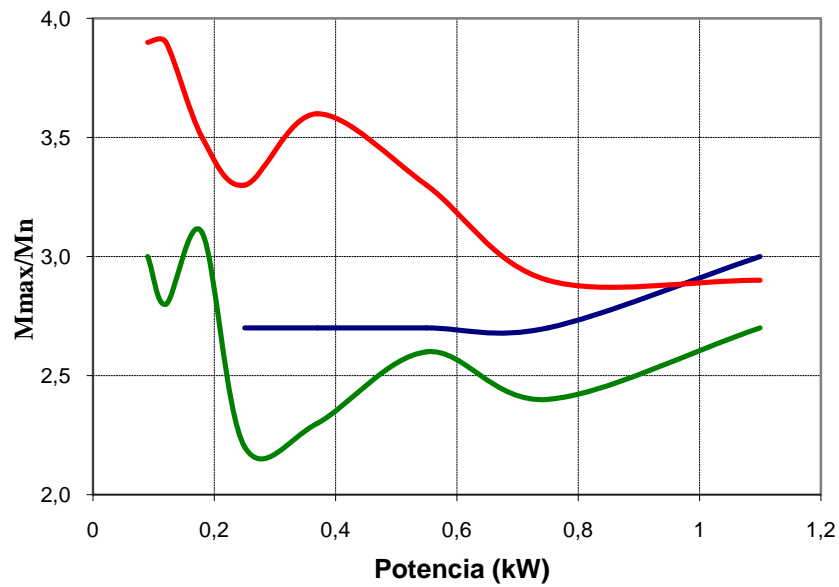


Figura 5: Evolución del M_{max}/M_n con la potencia.

$$M_{max}/M_n = 2,859 \cdot P^{0,057} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio I_a/I_n con la potencia:

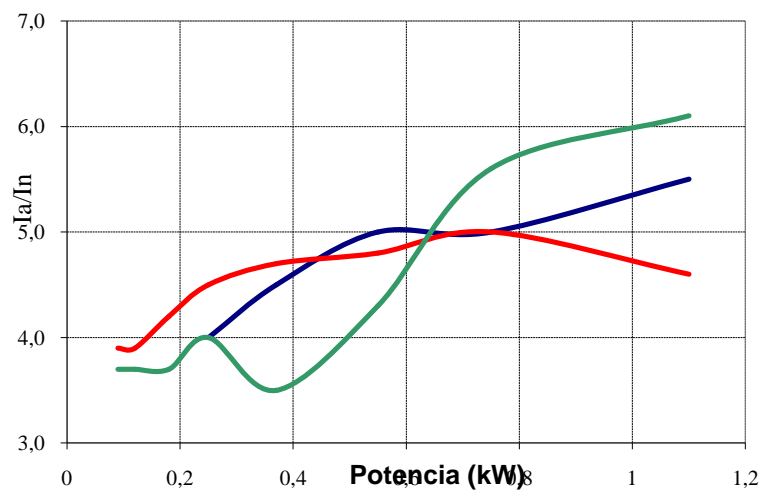


Figura 6: Evolución de I_a/I_n con la potencia.

$$I_a/I_n = 5,4316 \cdot P^{0,2041} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

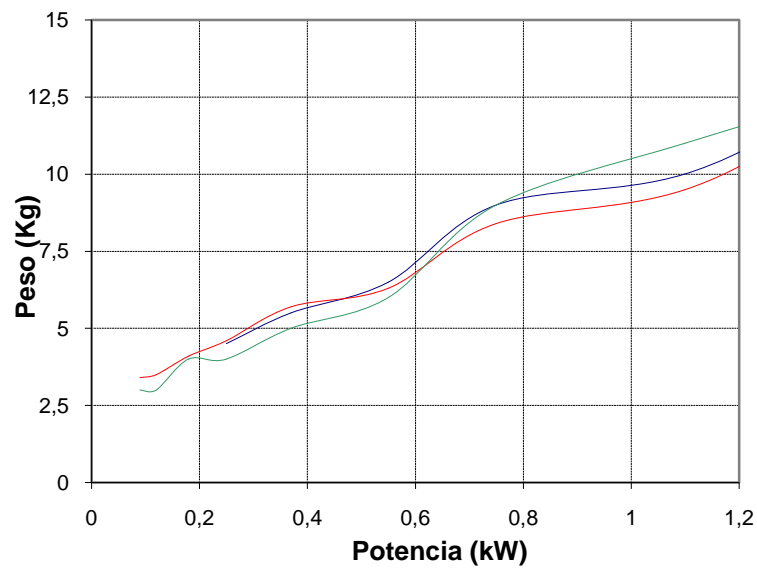
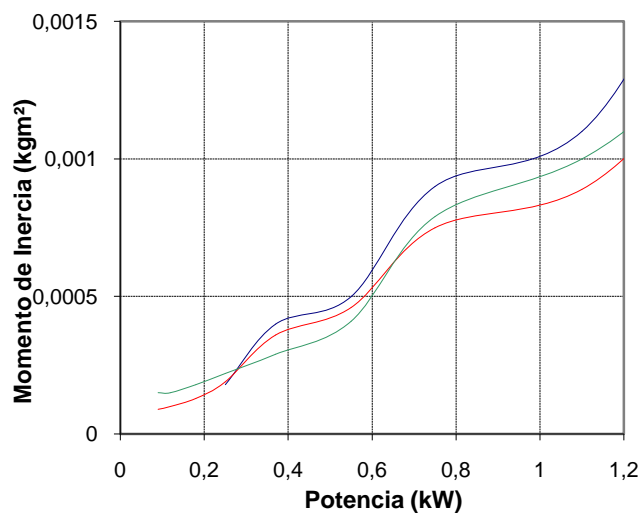


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 10,285 \cdot P^{0,7911}$$

Peso en kg y P en kW



Evolución del momento de inercia con la potencia:

Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0011 \cdot P^{1,3081}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETROS CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

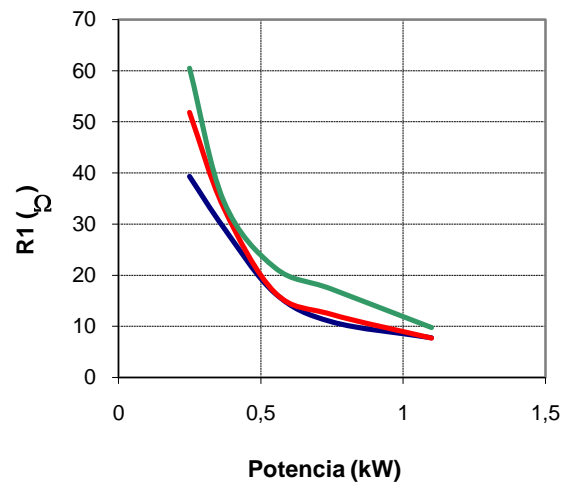


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 8,3648 \cdot P^{-1,1543}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

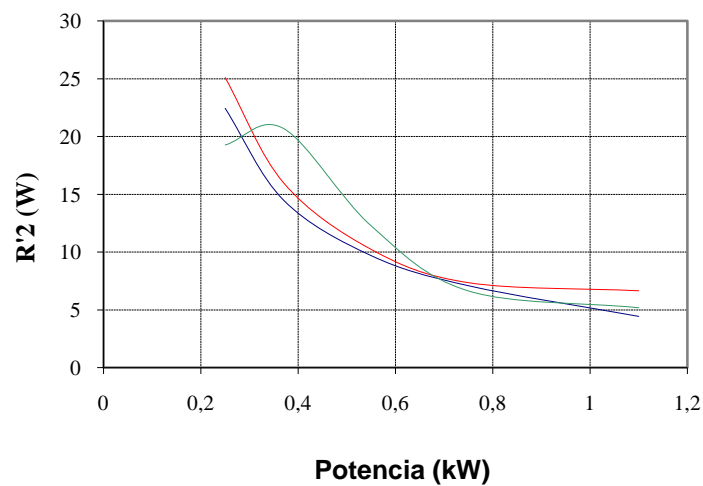


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 5,0413 \cdot P^{-1,0779}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

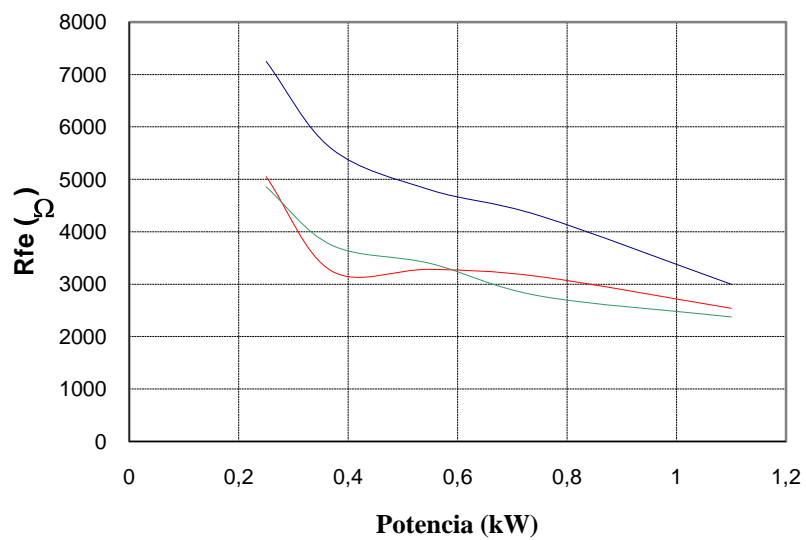


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$Rfe = 2469,2 \cdot P^{-0,4702}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

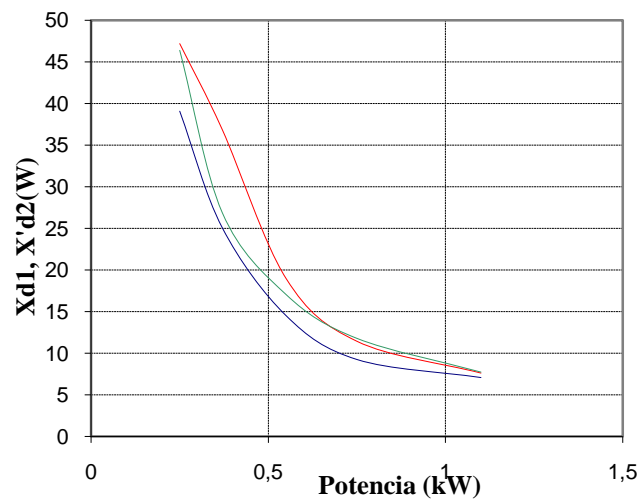


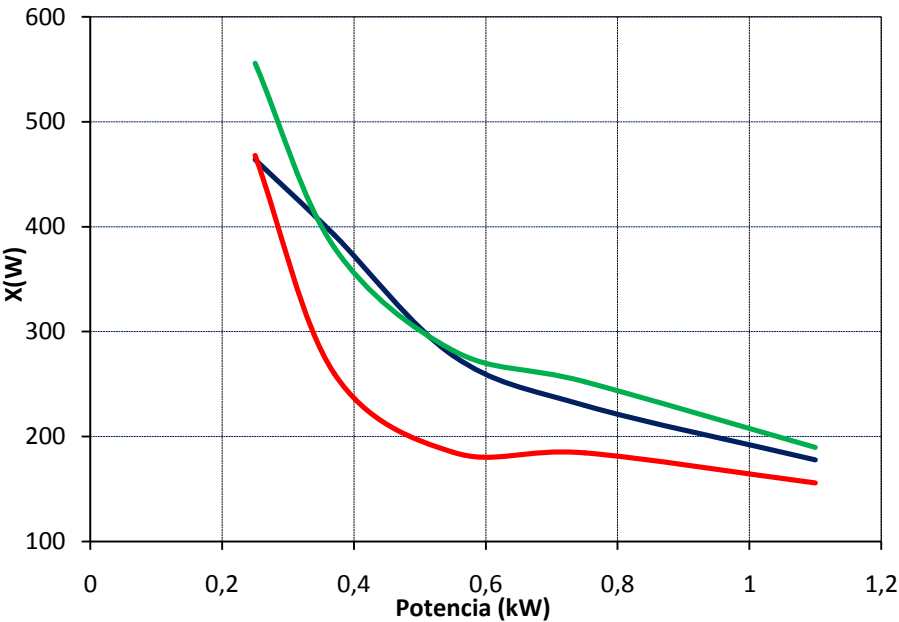
Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$Xd1, X'd2 = 7,2743 \cdot P^{-1,2039}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

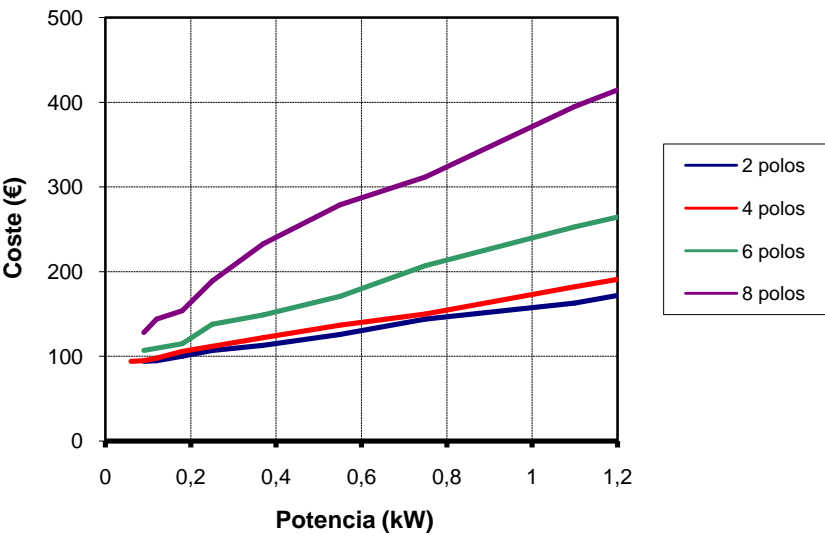
Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.



$$X_\mu = 147,46 \cdot P^{-0,7023}$$

X_μ en Ω y P en kW

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 2 polos entre 1,1 y 11 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 2 polos y potencia entre 1,1 y 11 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

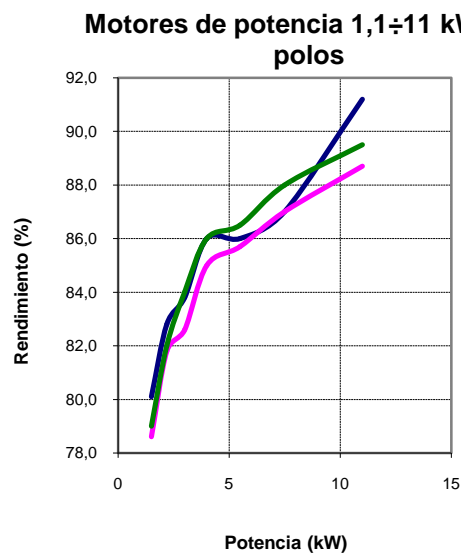


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 78,644 \cdot P^{0,0573}$$

η en % y P en kW

Evolución del factor de potencia con la potencia:

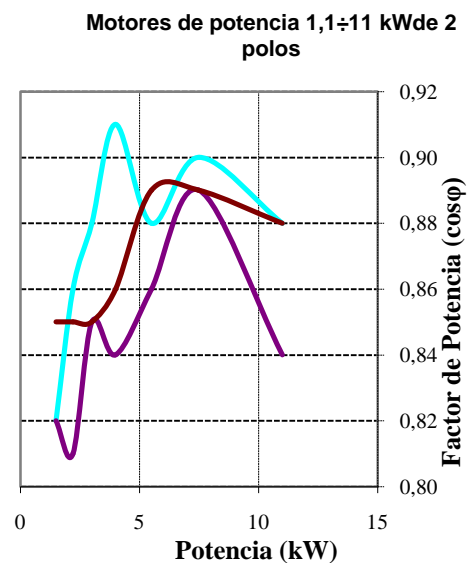


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,8352 \cdot P^{0,0228}$$

$\cos \varphi$ en pu y P en kW

Evolución del deslizamiento con la potencia:

Motores de Potencia media de 2 Polos

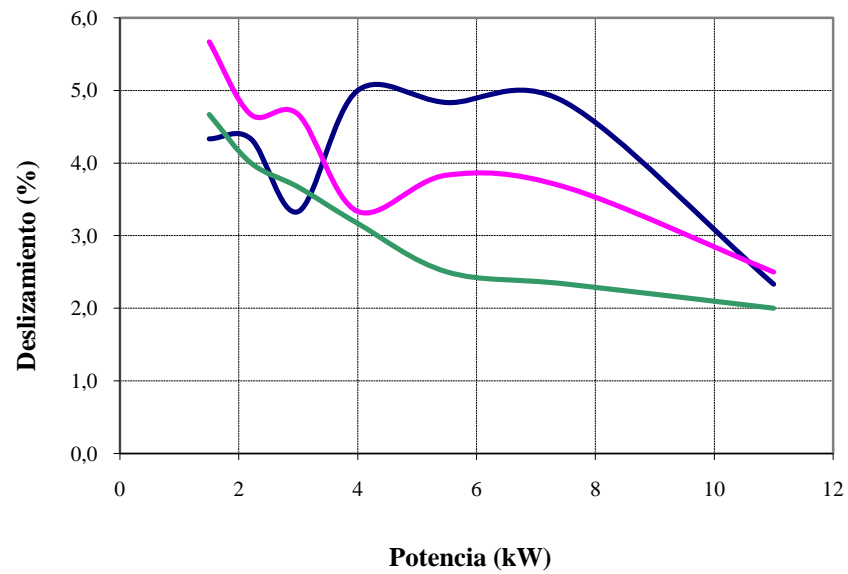


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 5,686 \cdot P^{-0,4421} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

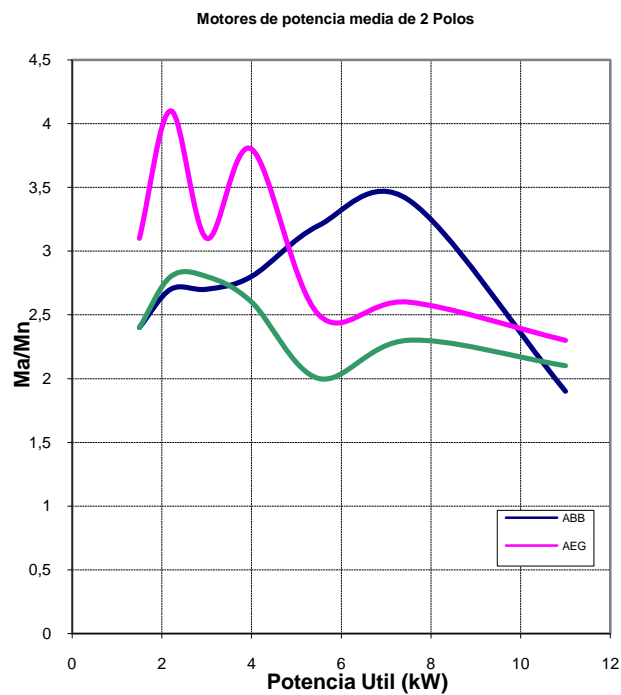


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 2,8596 \cdot P^{0,1222} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

Motores de potencia media de 2 polos

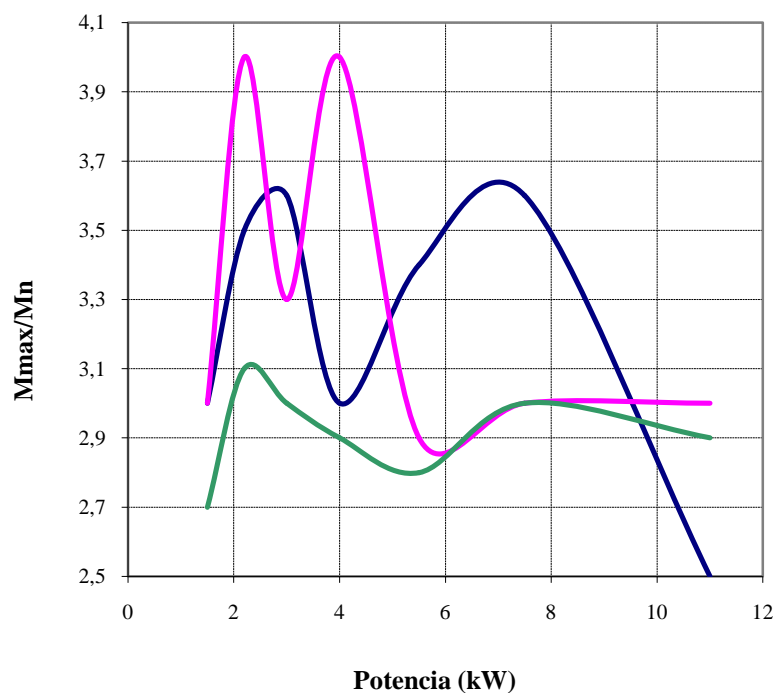


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 2,8697 \cdot P^{0,0104} \quad P \text{ en Kw}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

Motores de potencia media de 2 Polos

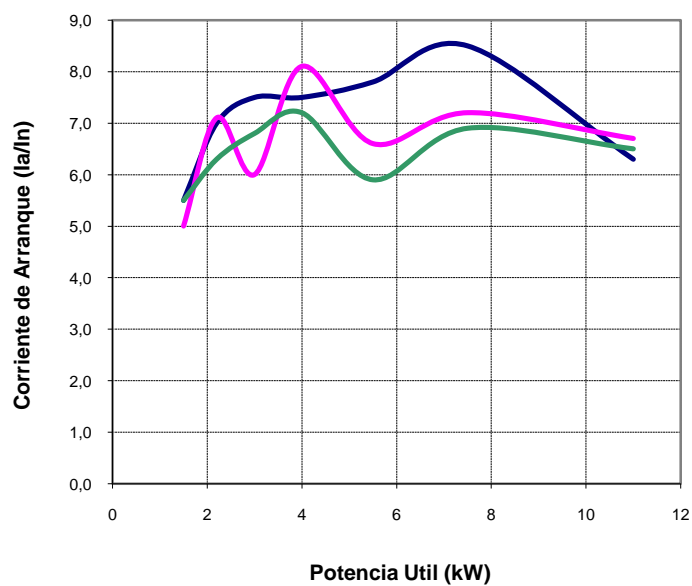


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 5,6515 \cdot P^{0,1116} \quad P \text{ en}$$

Evolución del peso con la potencia:

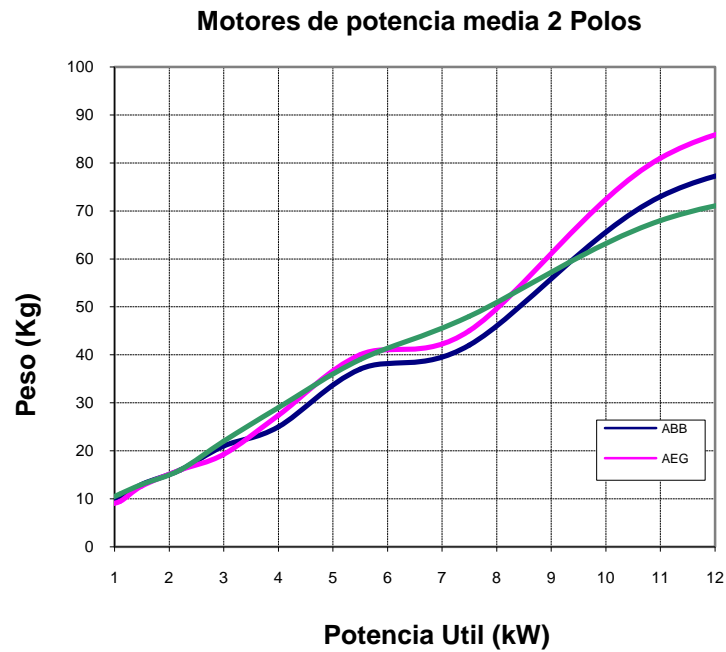


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 11,583 \cdot P^{0,7171}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

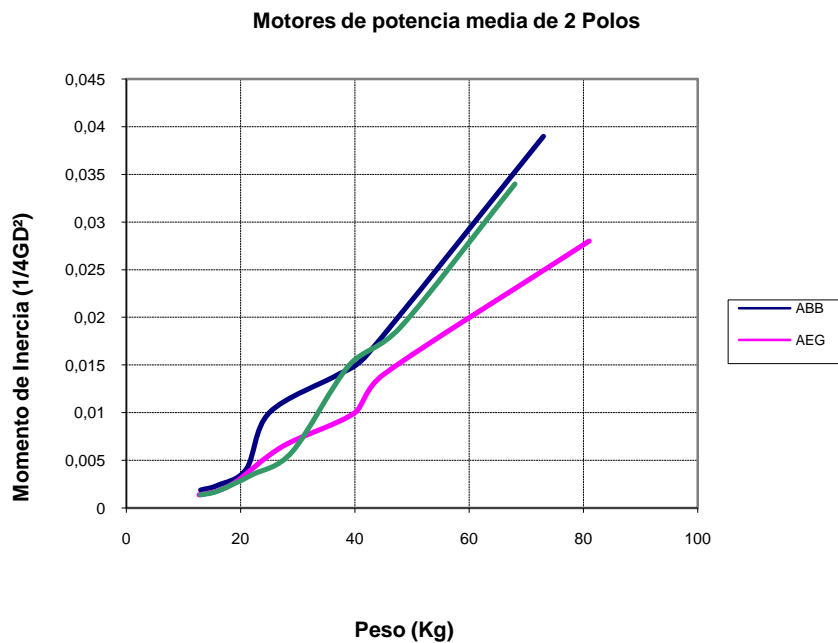


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,00002 \cdot P^{1,7043}$$

J en kgm^2 y P en kW

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

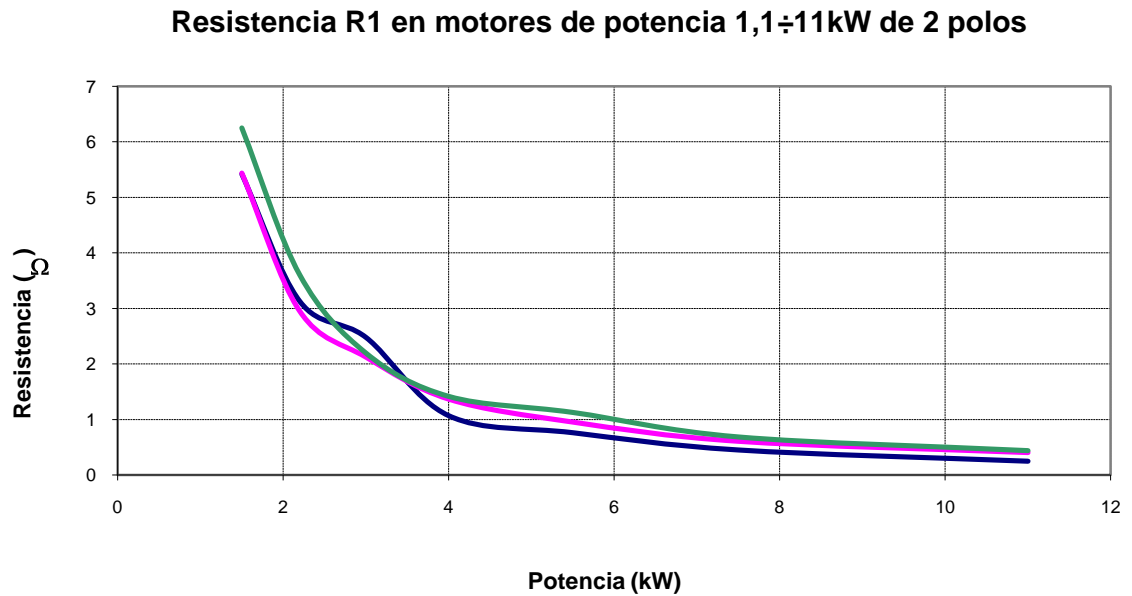


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 8,7227 \cdot P^{-1.3062}$$

R1 en Ω y P en kW.WW

Evolución de R'2 (Ω),

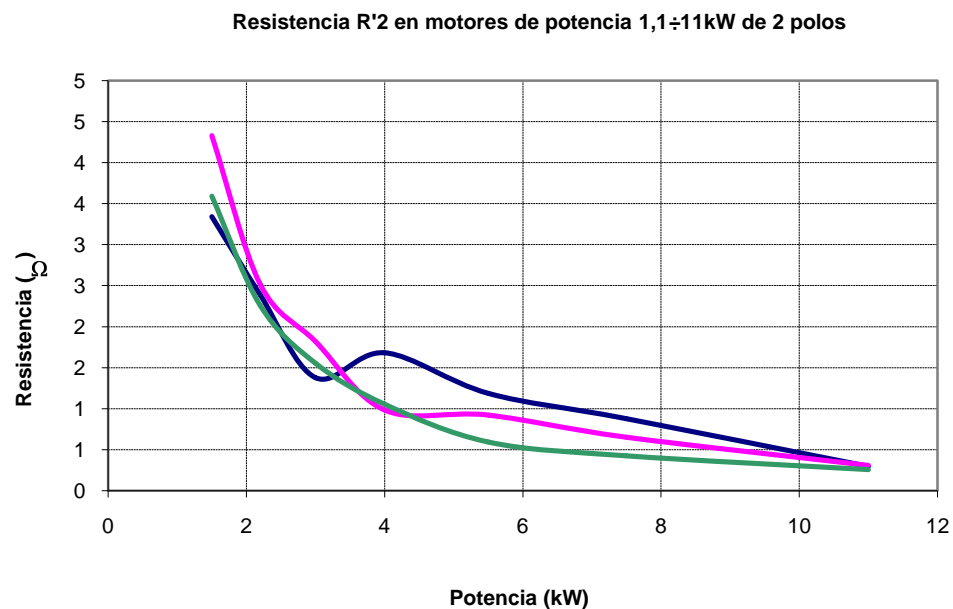


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 6,4639 \cdot P^{-1.3472}$$

R'2 en Ω y P en Kw

Evolución de Rfe (Ω).

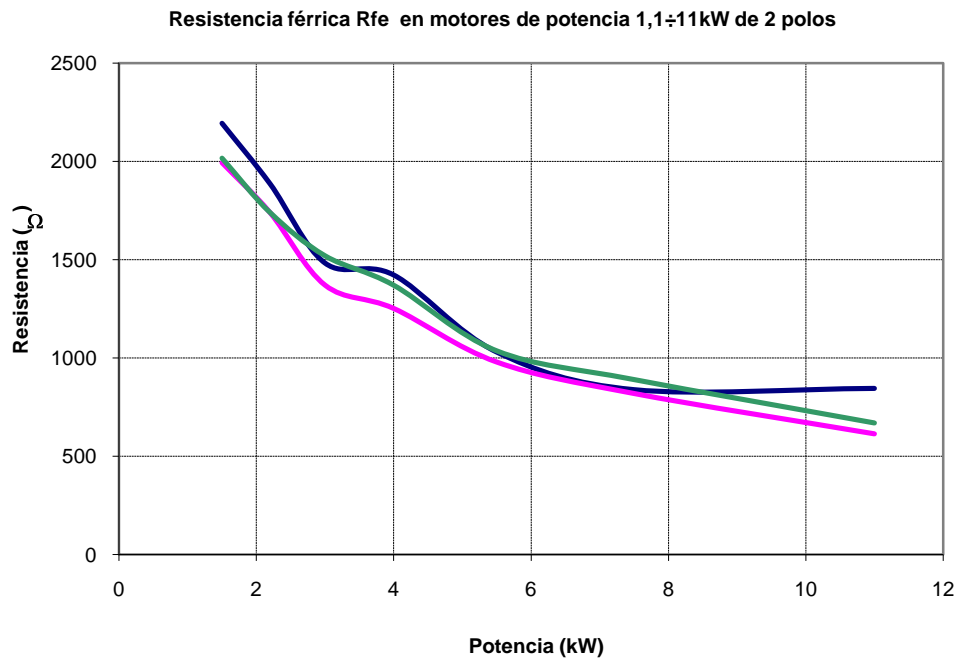


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 2681,8 \cdot P^{-0,5944}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

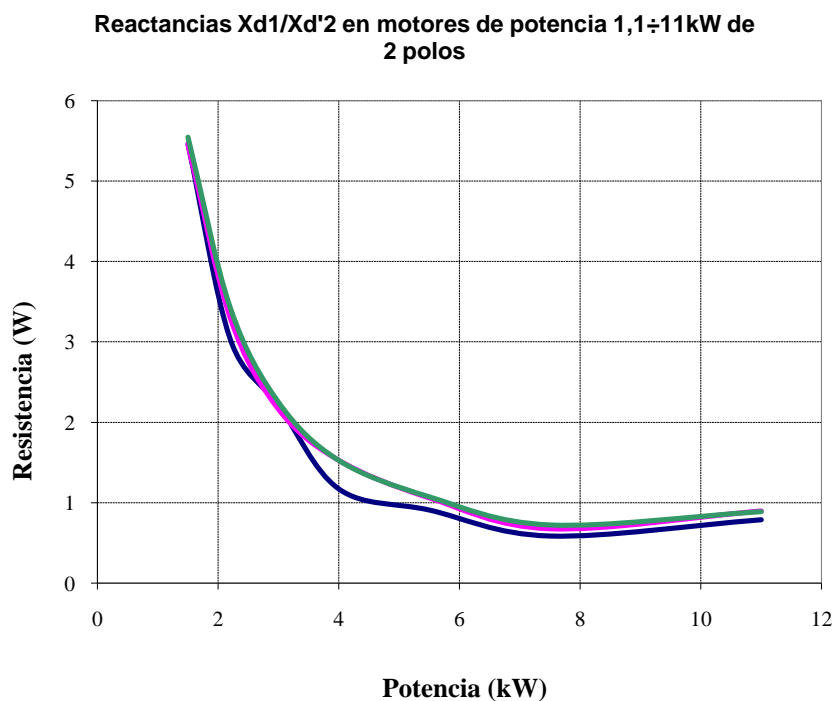


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 7,2432 \cdot P^{-1,0252}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

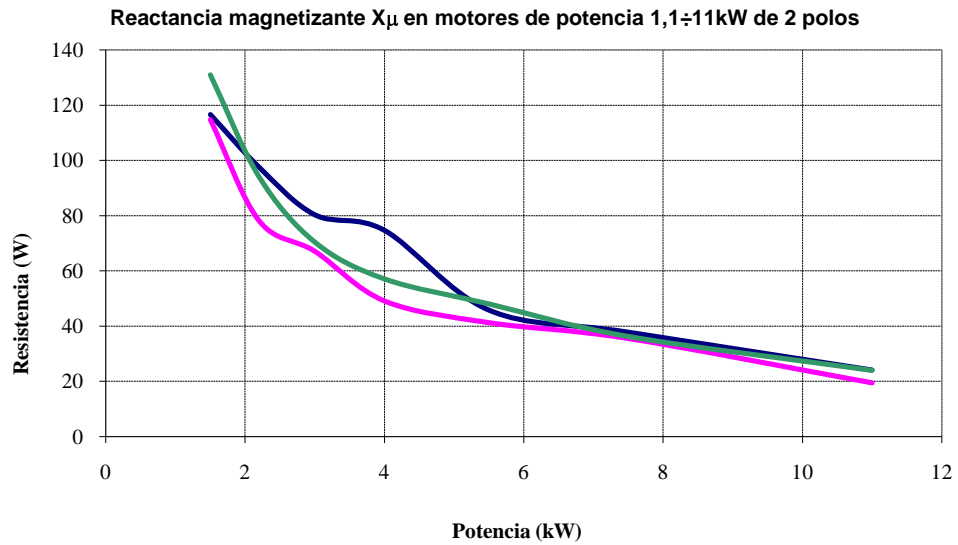
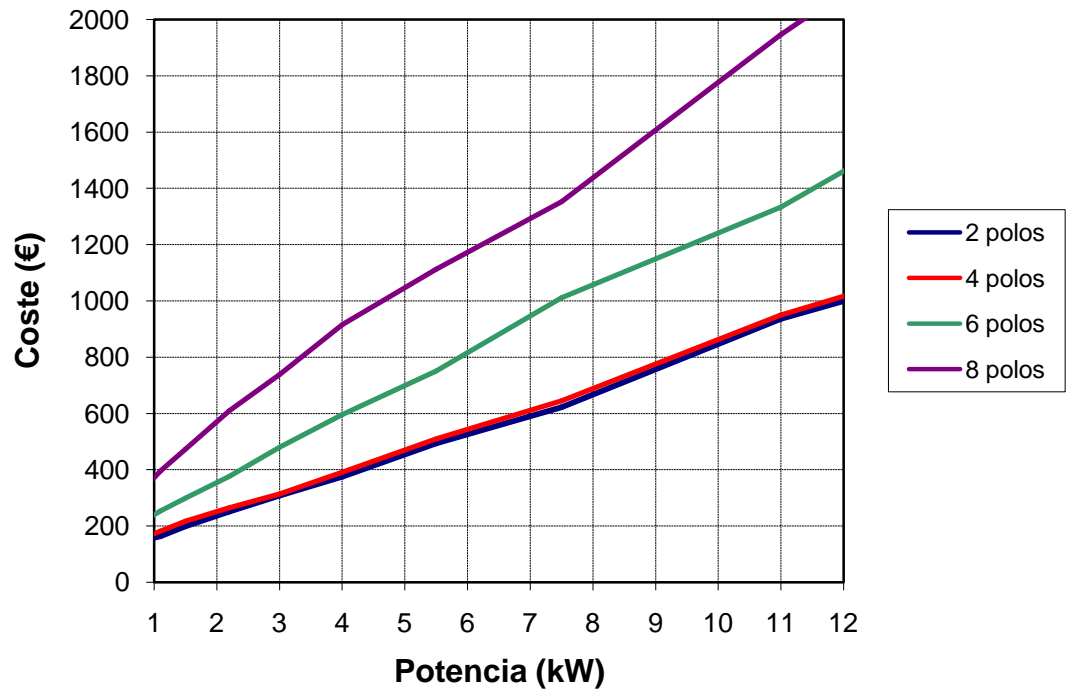


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 183,0 \cdot P^{-0,7947}$$

X_μ en Ω y P en kW

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 2 polos con una potencia mayor de 11 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 2 polos y con una potencia mayor de 11 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia

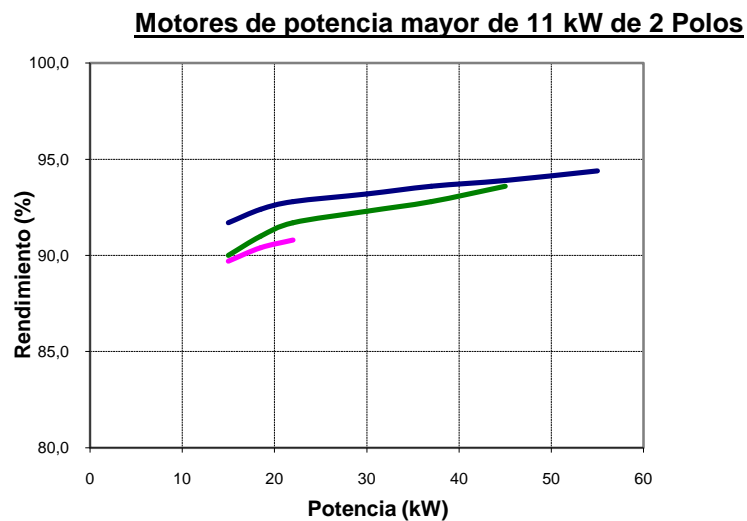


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia

$$\eta = 82,568 \cdot P^{0,0329} \quad \eta \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del factor de potencia con la potencia:

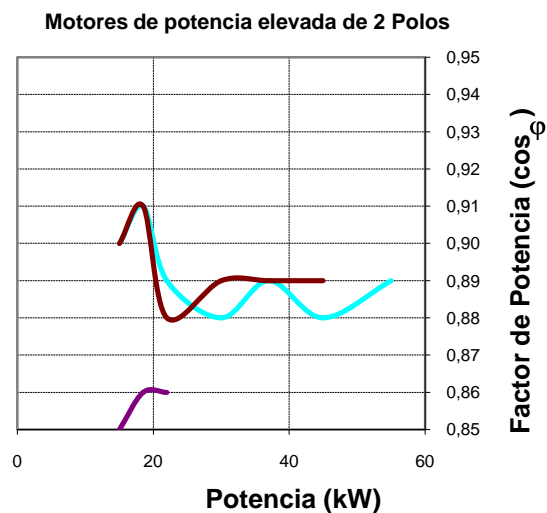


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia

$$\cos \varphi = 0,9421 \cdot P^{-0,0165} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en k}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

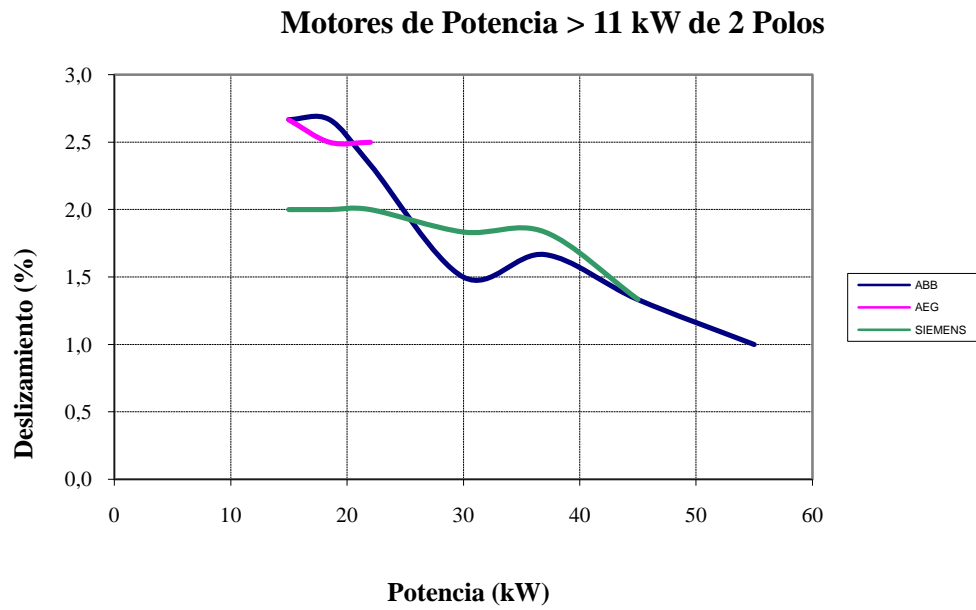


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 4,8084 \cdot P^{-0,2991} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia

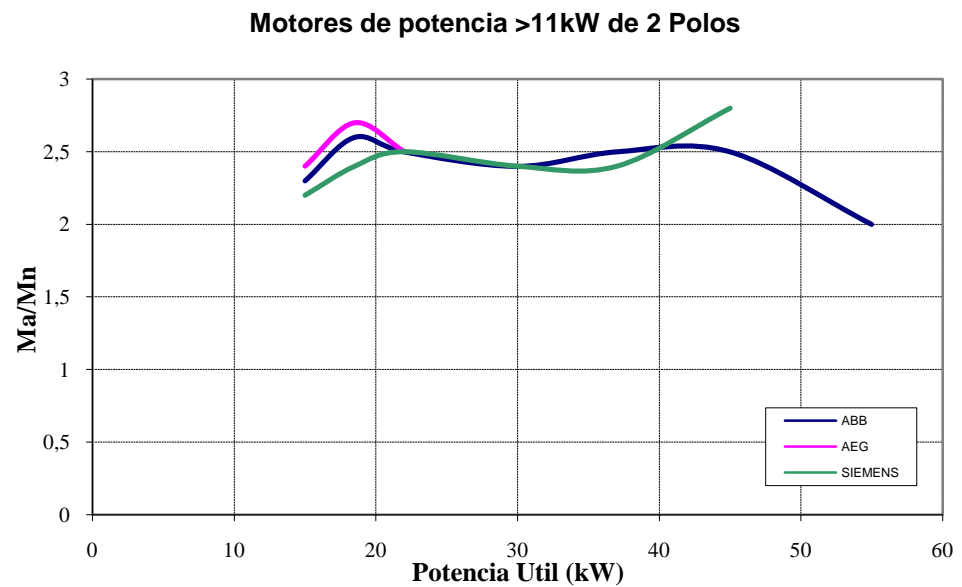


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 1,5437 \cdot P^{0,141} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

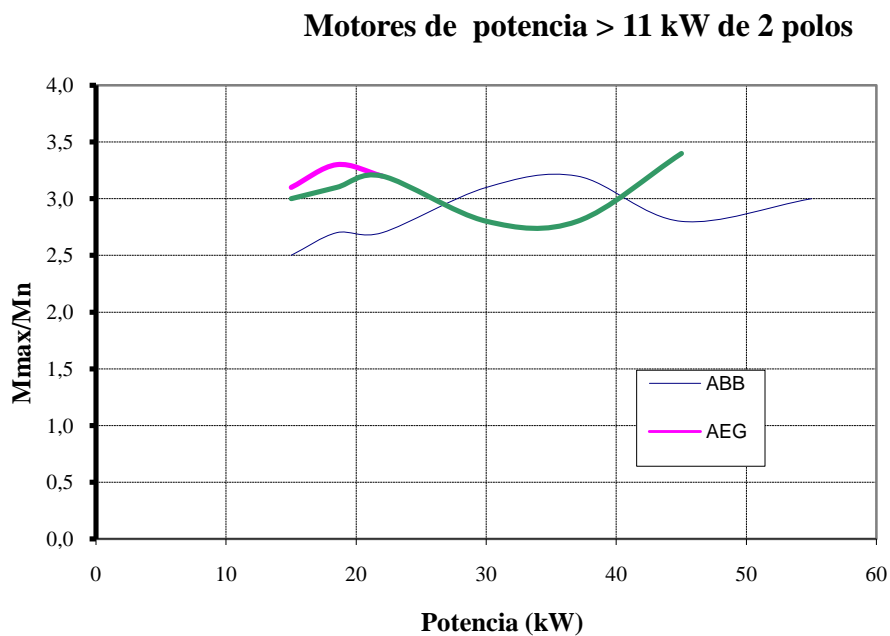


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 2,9049 \cdot P^{0,0142} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

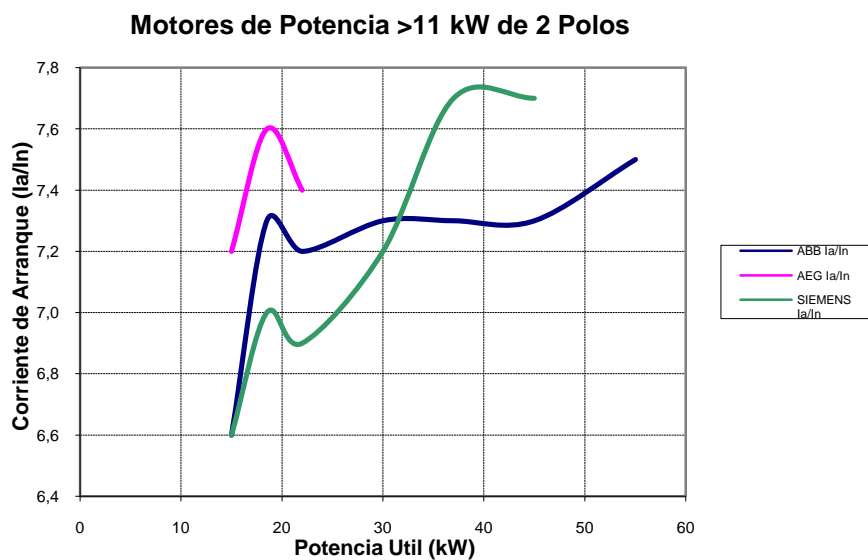


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 5,8253 \cdot P^{0,0634} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

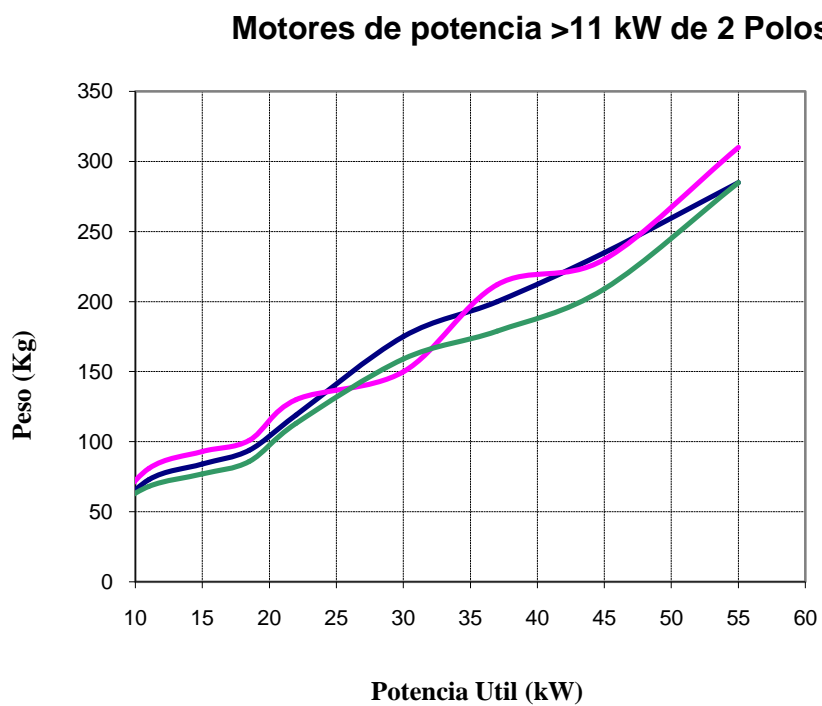


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 12,114 \cdot P^{0,7327} \quad \text{Peso en kg y P en kW}$$

Evolución del momento de inercia con la potencia:

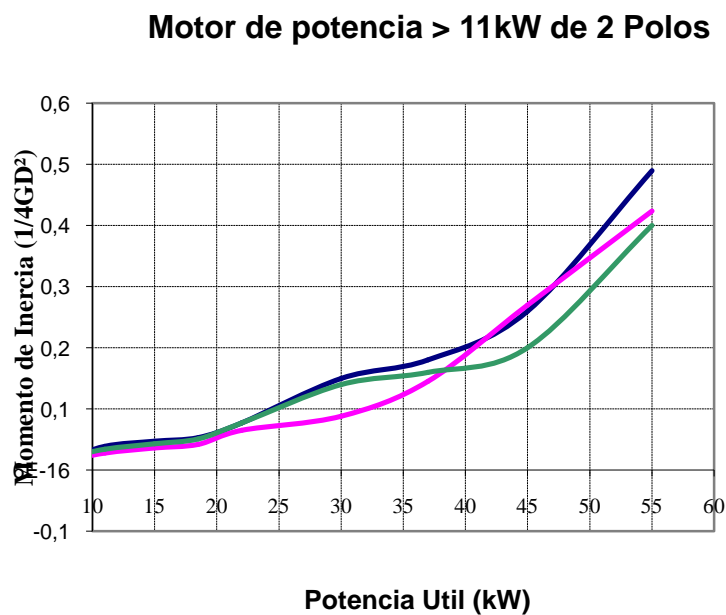


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0013 \cdot P^{1,2872} \quad J \text{ en kgm}^2 \text{ y P en kW}$$

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

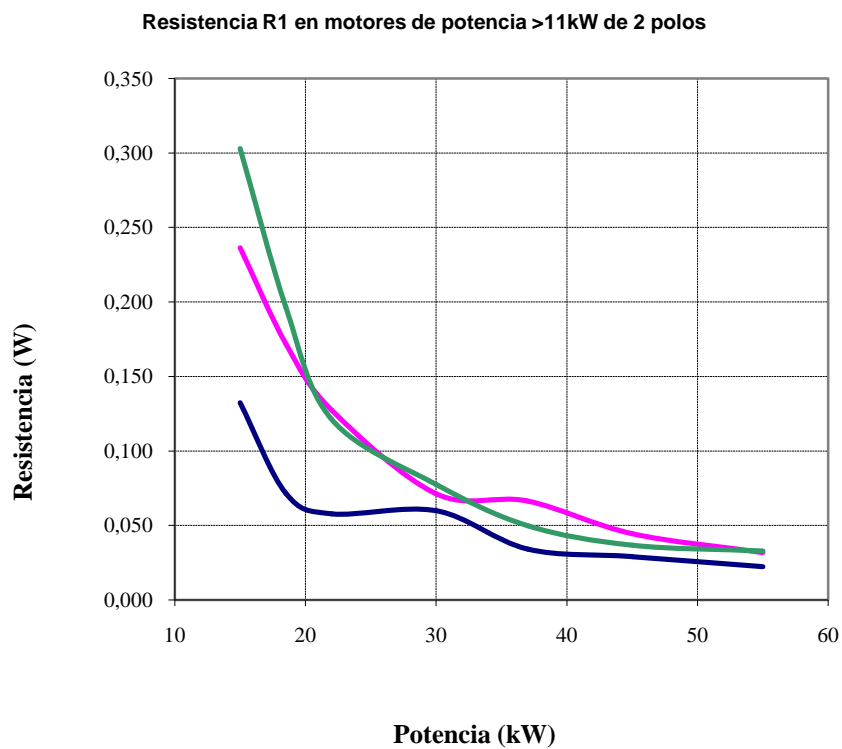


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 13,995 \cdot P^{-1,5144}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

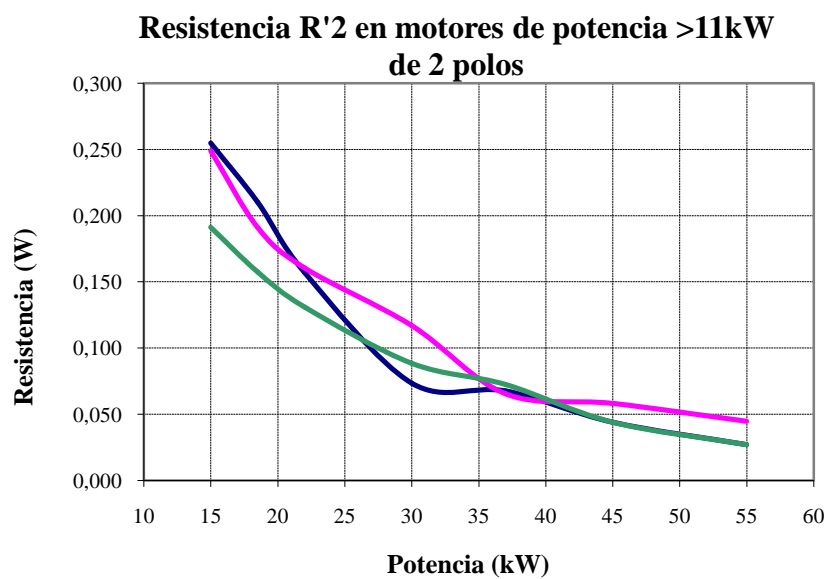


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 10,788 \cdot P^{-1,4421}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

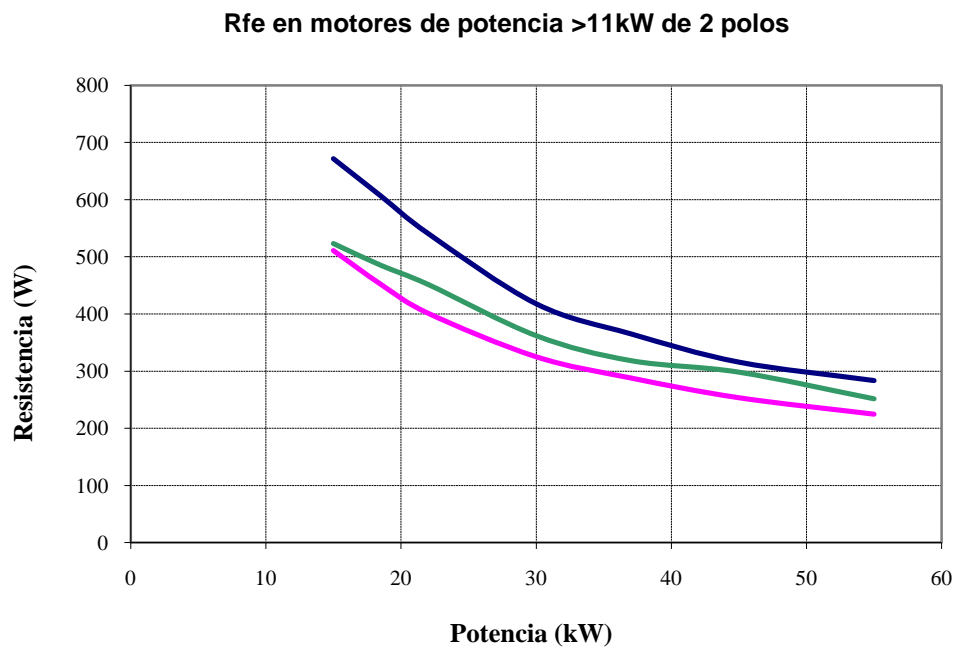


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 4510,2 \cdot P^{-0,6946}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

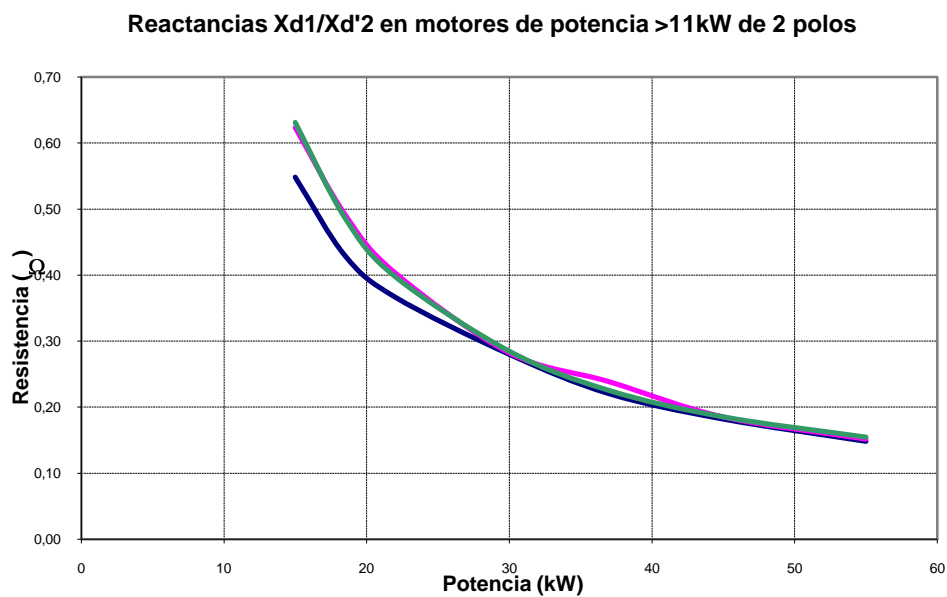


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 7,9507 \cdot P^{-0,9925}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

Reactancia magnetizante X_m en motores de potencia $>11\text{kW}$ de 2 polos

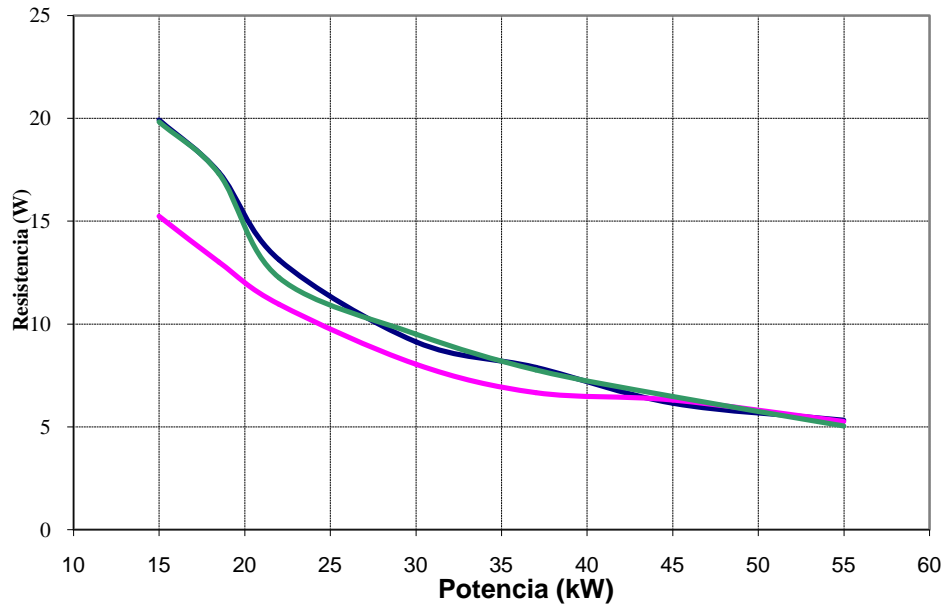
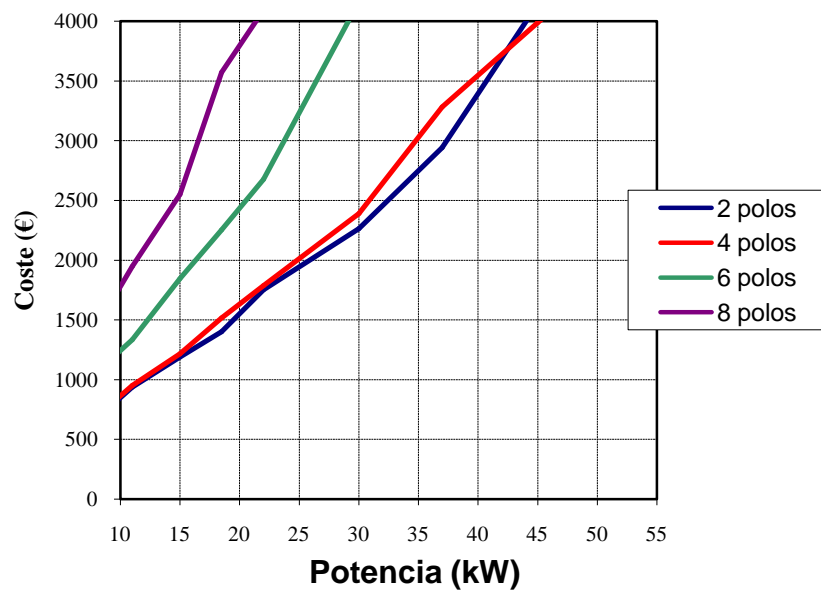


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 342,99 \cdot P^{-1,0505}$$

X_μ en Ω y P en kW

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 4 polos menos de 1,1 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 4 polos y de menos potencia de 1,1 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

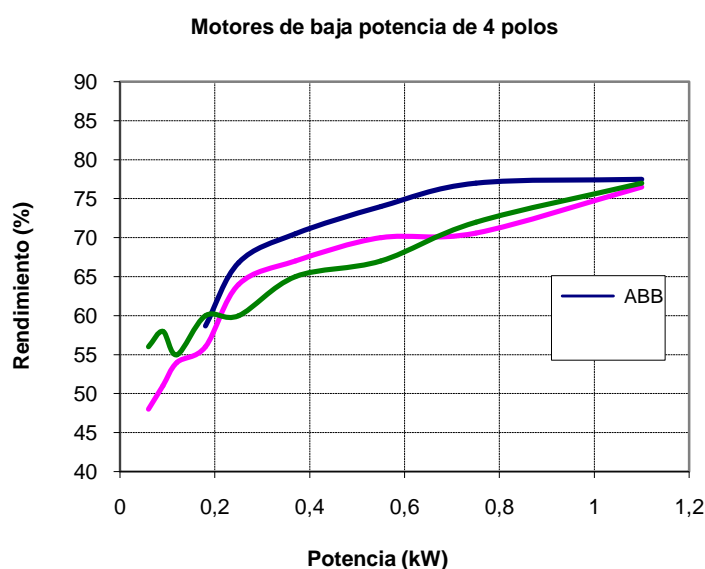


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.
 $\eta = 73,156 \cdot P^{0,1106}$ η en % y P en kW

Evolución del factor de potencia con la potencia:

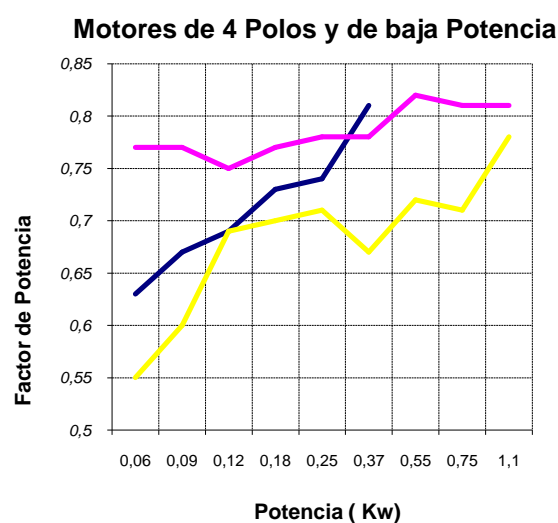


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,7522 \cdot P^{0,0293} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en kW}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

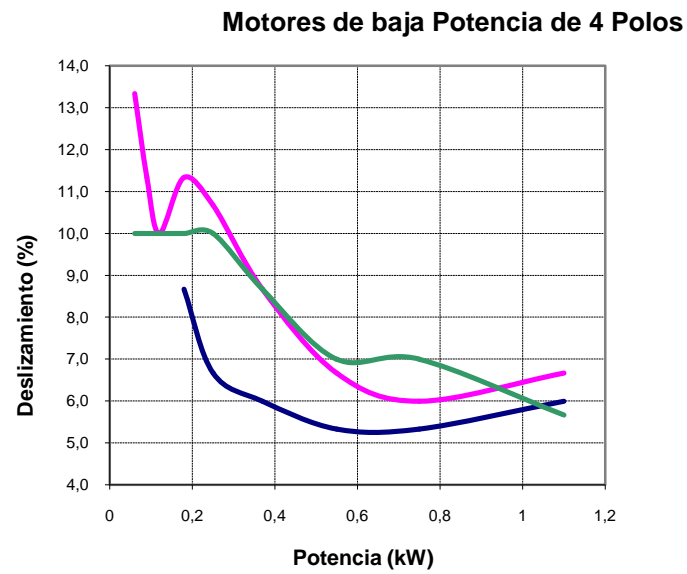


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 6,3386 \cdot P^{-0,2651} \quad s \text{ en } \% \text{ y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

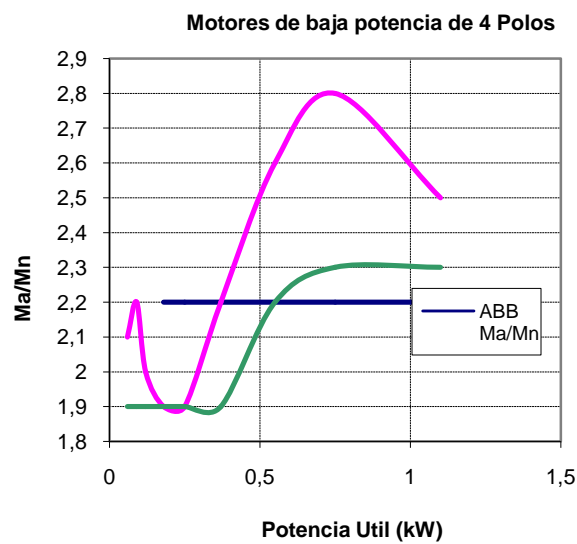


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 2,2317 \cdot P^{0,0752} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

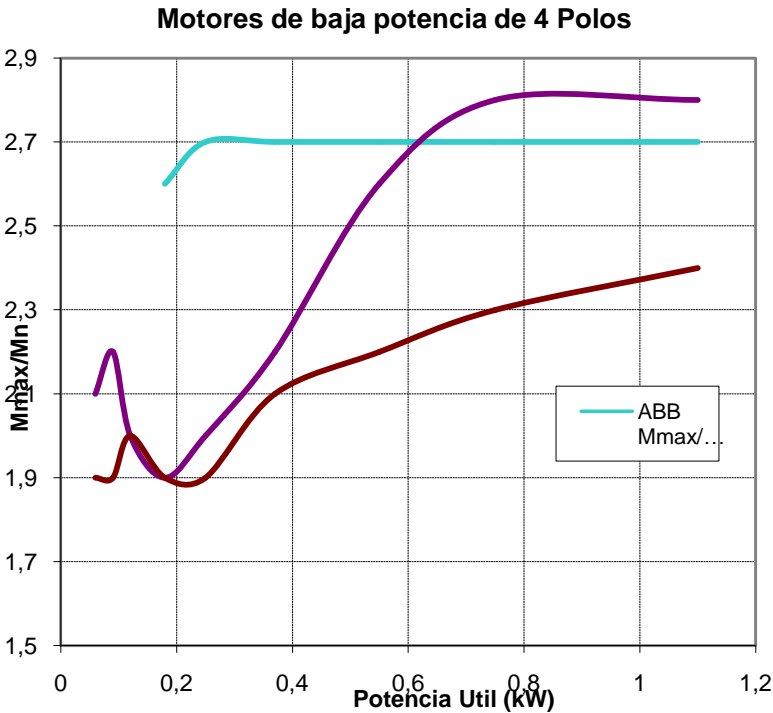


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 2,6595 \cdot P^{0,1179}$$

P en kW

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

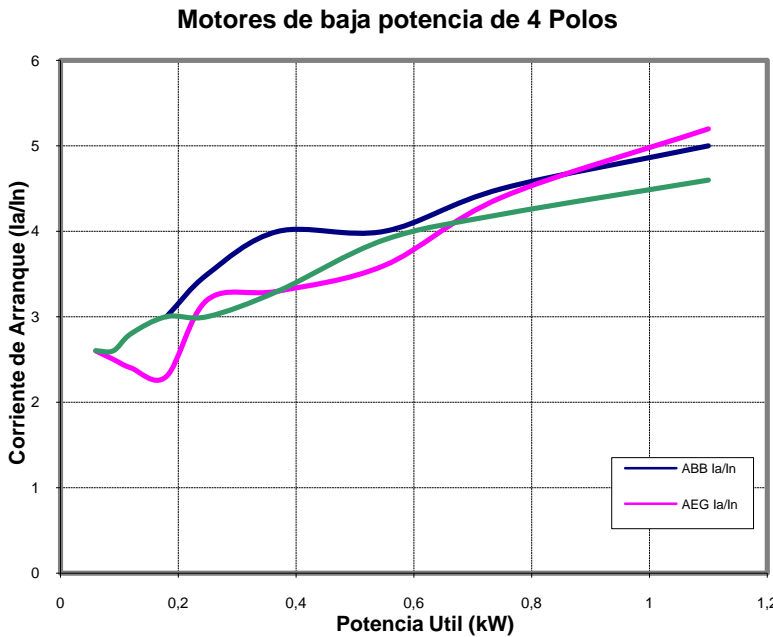


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 4,3217 \cdot P^{0,206}$$

P en kW

Evolución del peso con la potencia:

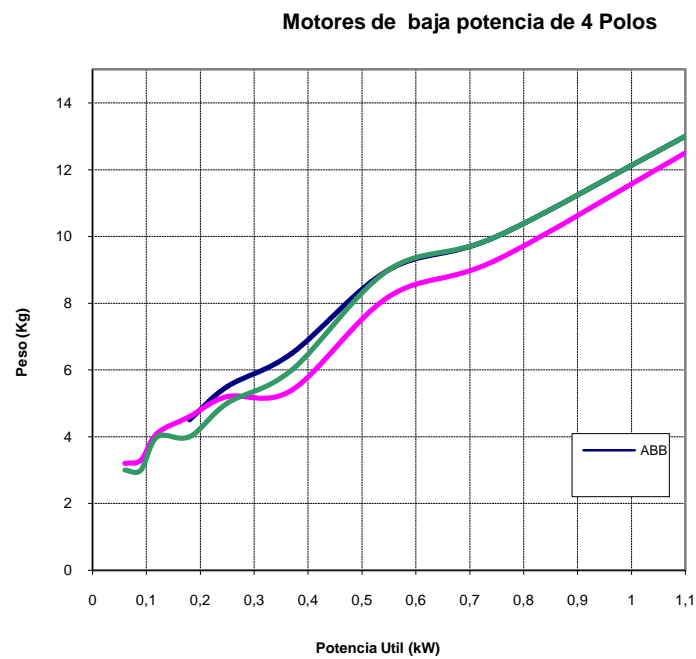


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 12,173 \cdot P^{0,5833}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

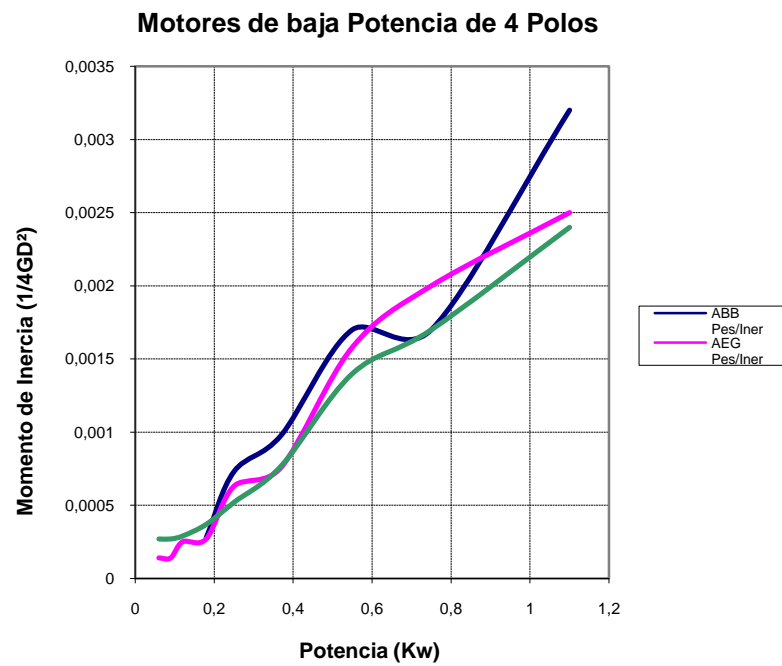


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,002 \cdot P^{0,8352}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETRES CIRCUIT EQUIVALENT

Evolución de R1 (Ω)

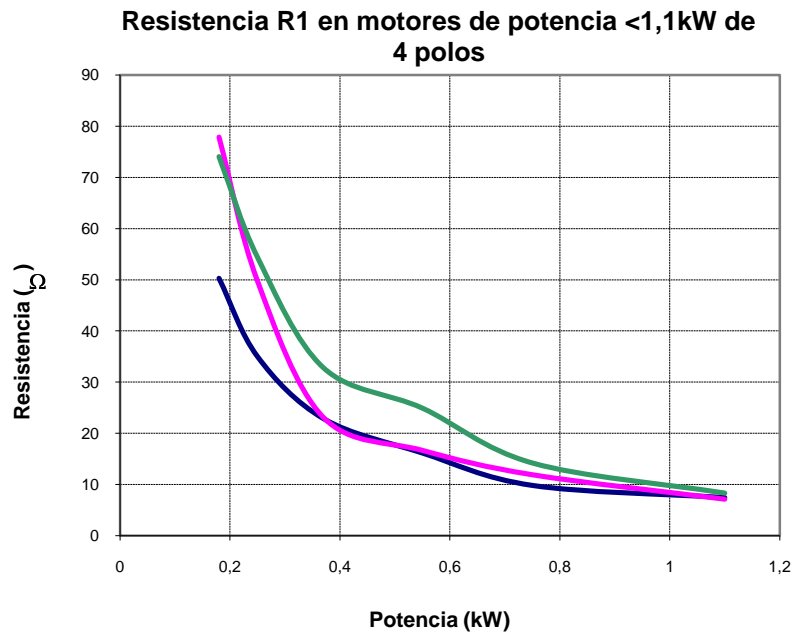


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 7,9585 \cdot P^{-1,0726}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

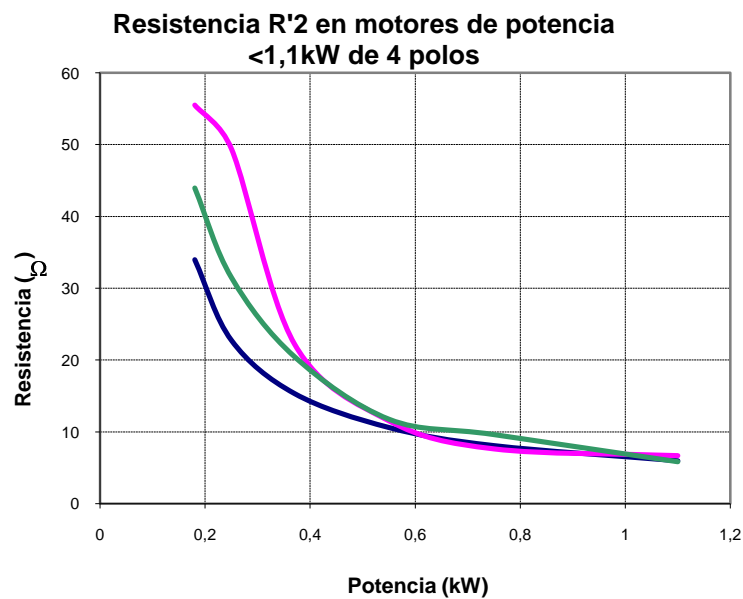


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 6,554 \cdot P^{-1,1178}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

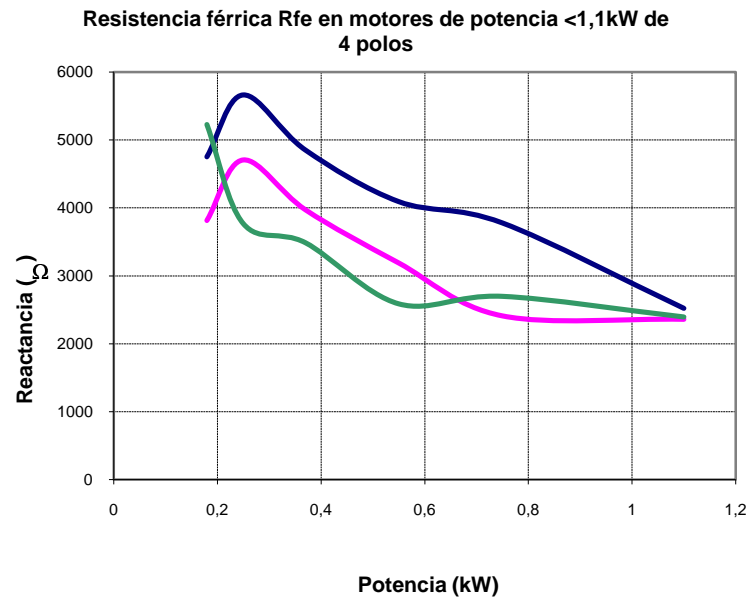


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 2453,4 \cdot P^{-0,364}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

Reactancias Xd1/Xd'2 en motores de potencia <1,1kW de 4 polos

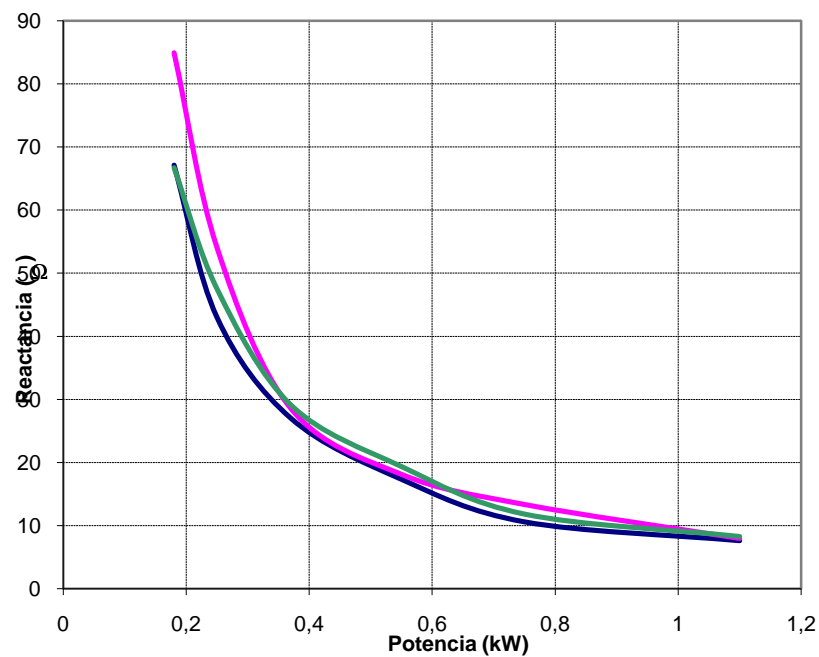


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 8,1077 \cdot P^{-1,2172}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

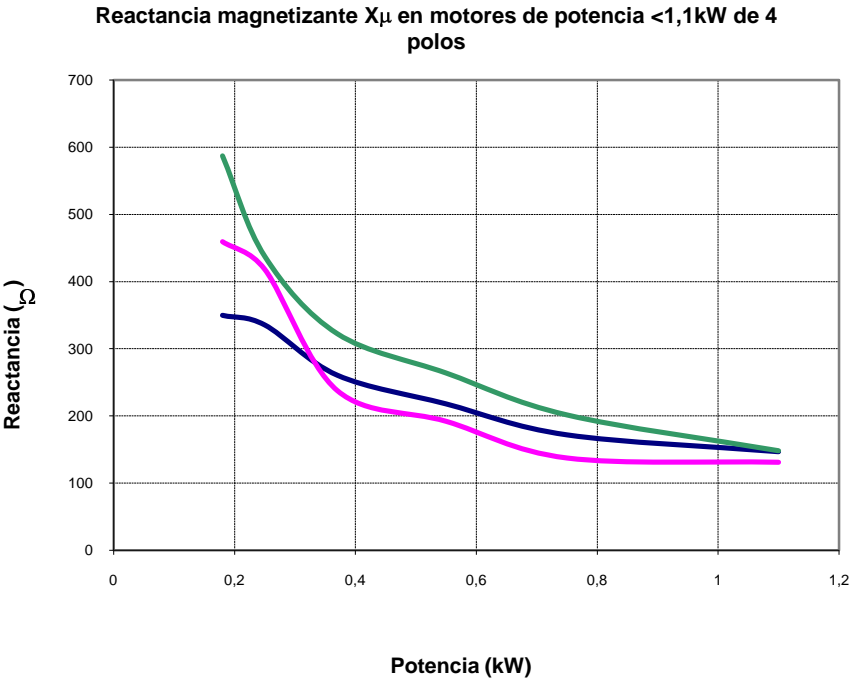
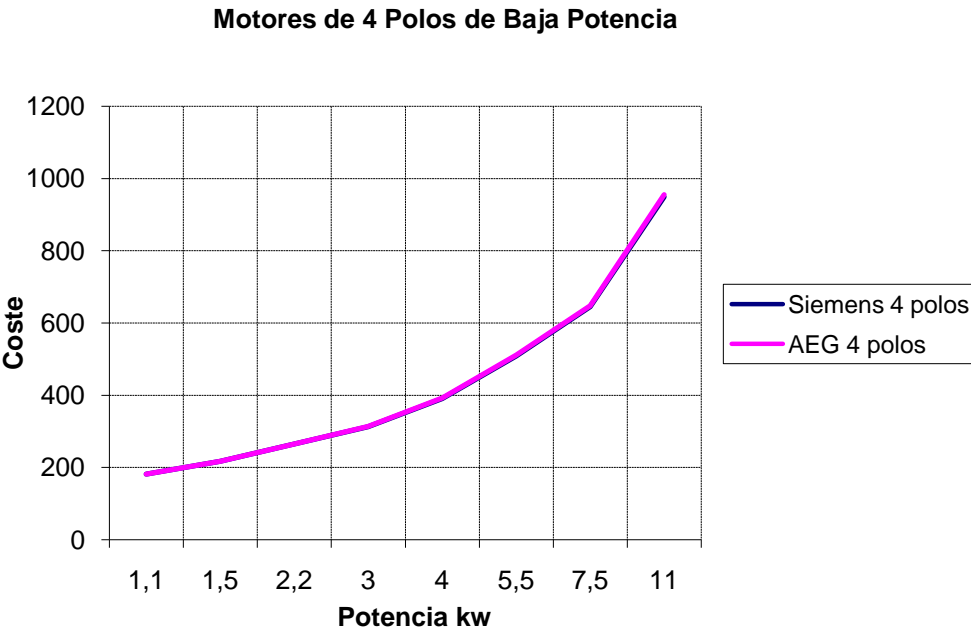


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 154,5 \cdot P^{-0,5136} \quad X_\mu \text{ en } \Omega \text{ y } P \text{ en kW}$$

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 4 polos entre 1,1 y 11 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 4 polos y potencia entre 1,1 y 11 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

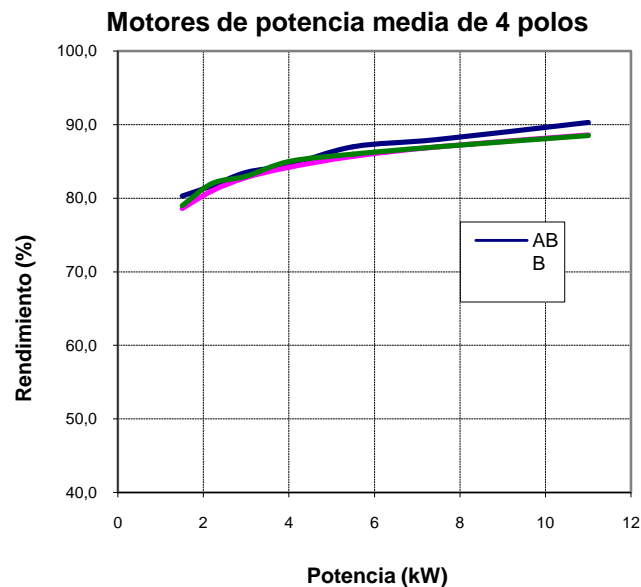


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 77,229 \cdot P^{0,0594} \quad \eta \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del factor de potencia con la potencia:

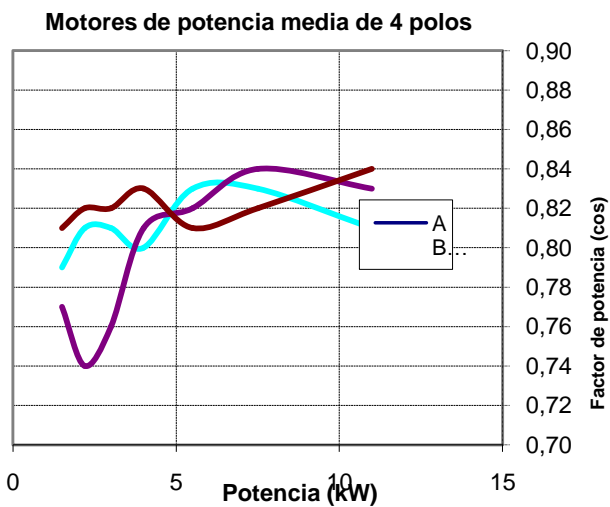


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,7931 \cdot P^{0,0163} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en kW}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

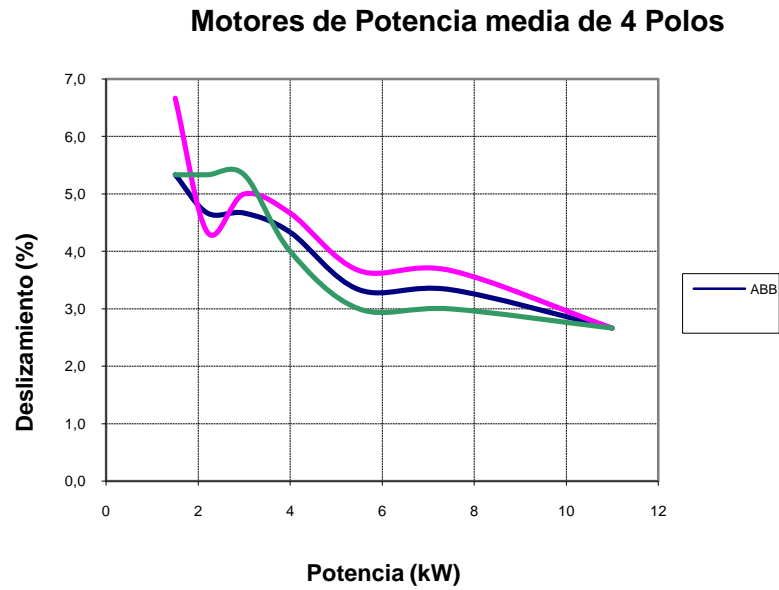


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 6,3733 \cdot P^{-0,3425} \quad s \text{ en } \% \text{ y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

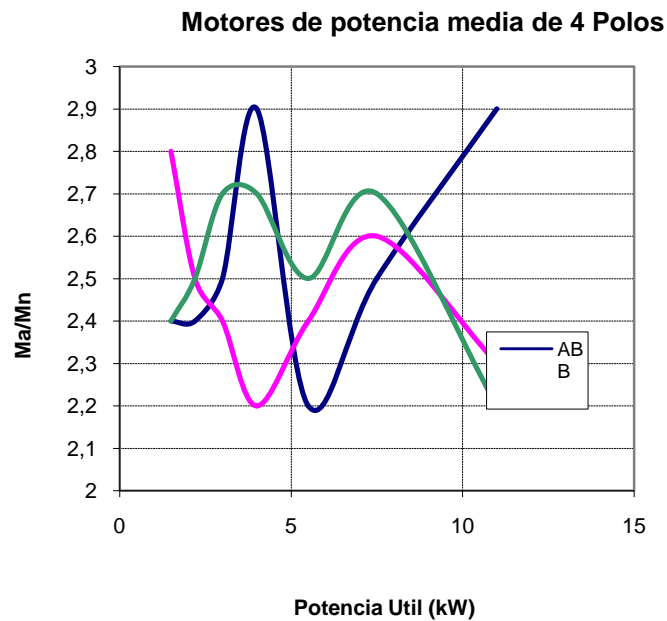


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 2,6587 \cdot P^{0,0583} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

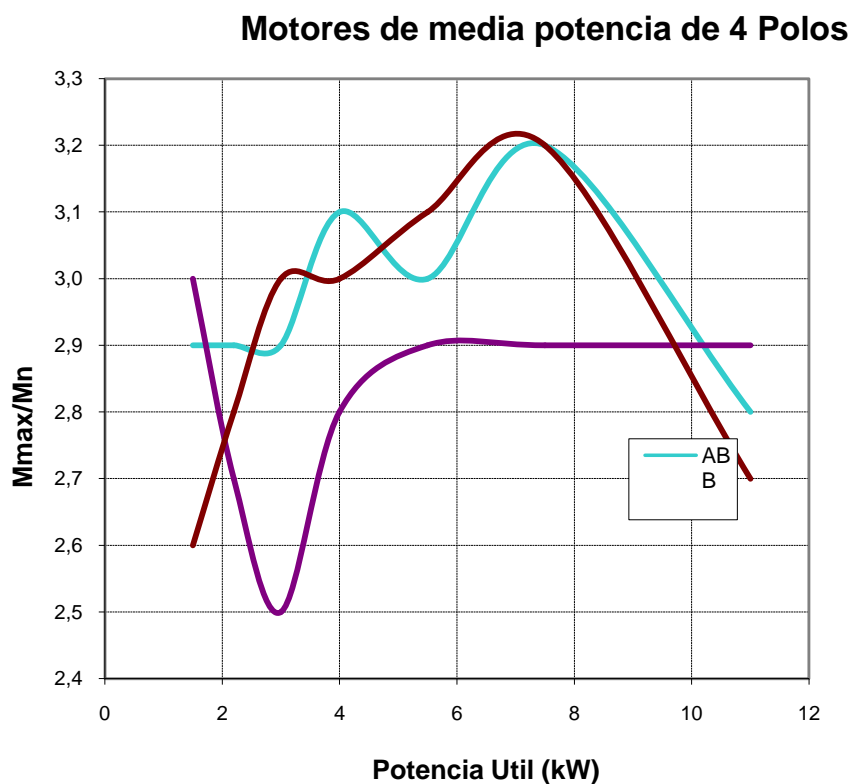


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 2,7367 \cdot P^{0,0189} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

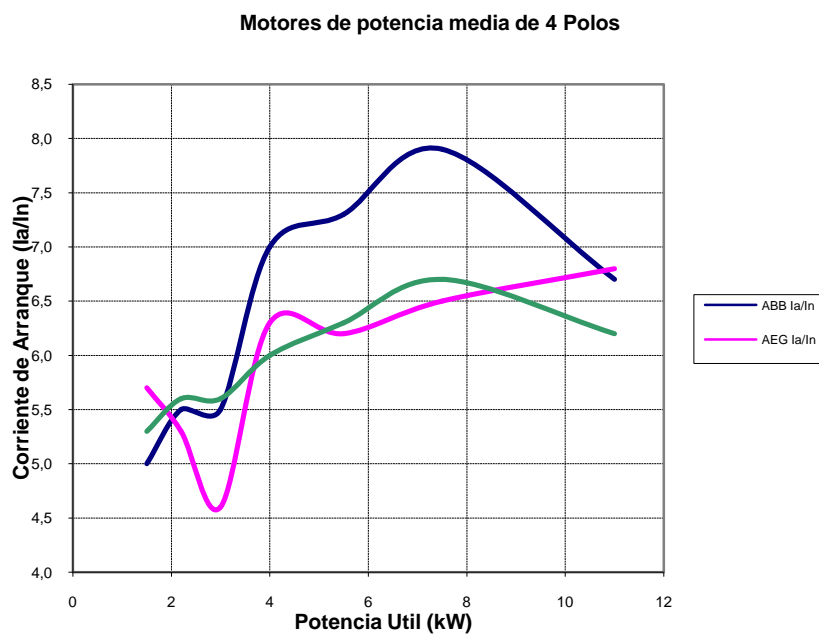


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia

$$I_a/I_n = 4,8681 \cdot P^{0,1336} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

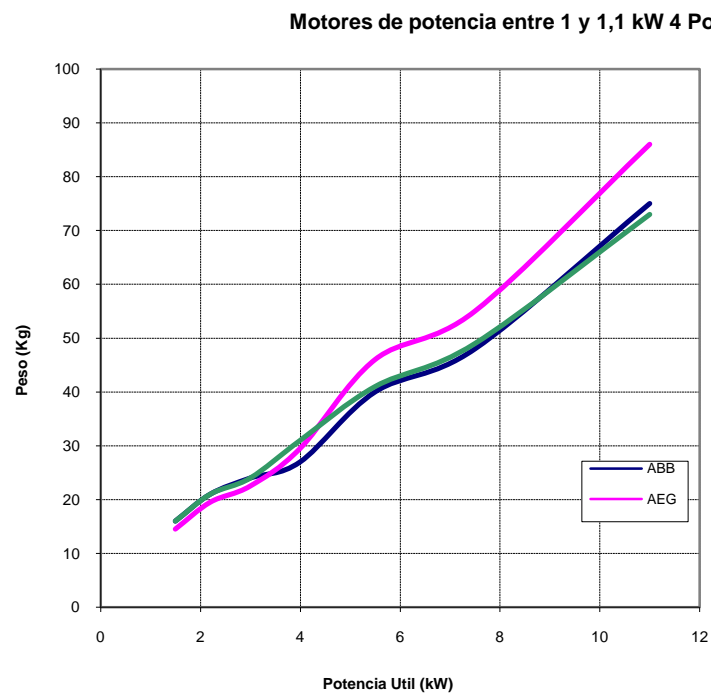


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 11,285 \cdot P^{0,7514}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

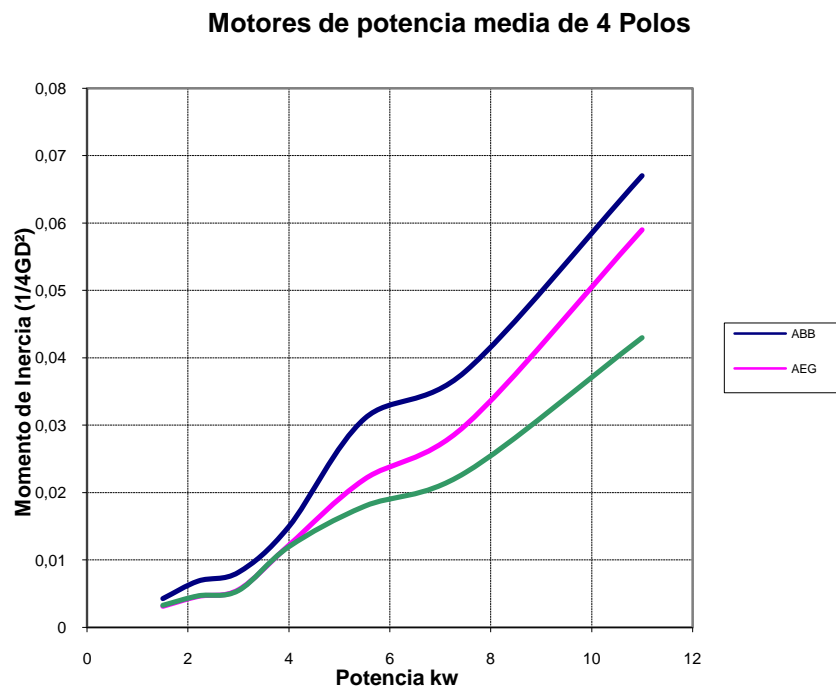


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0014 \cdot P^{1,5375}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

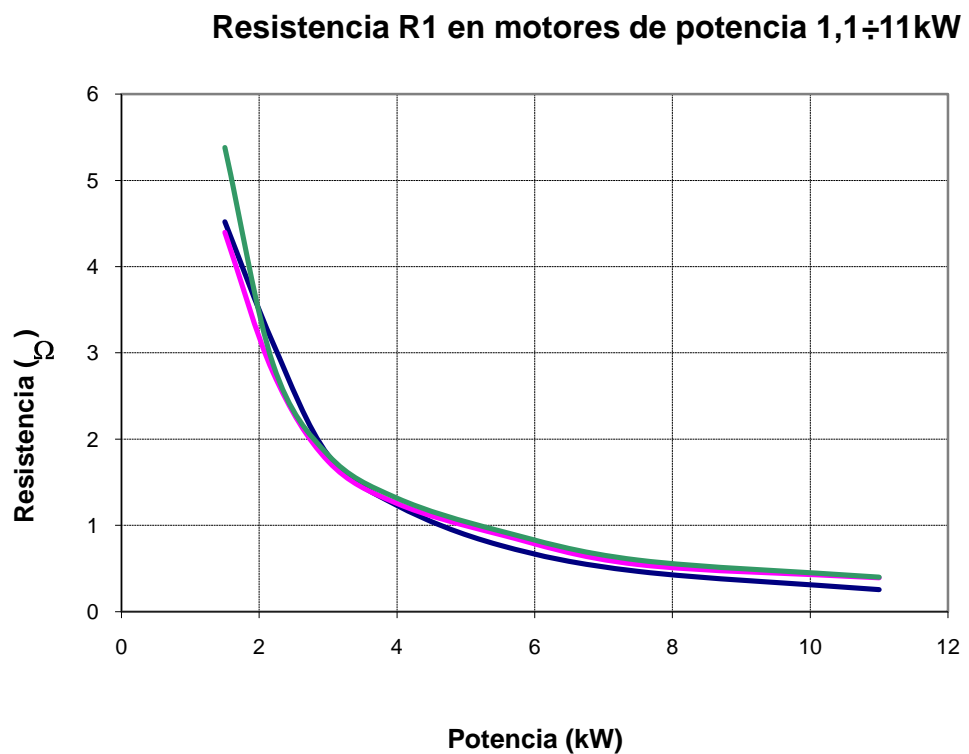


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia

$$R1 = 9,0523 \cdot P^{-1,4651}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

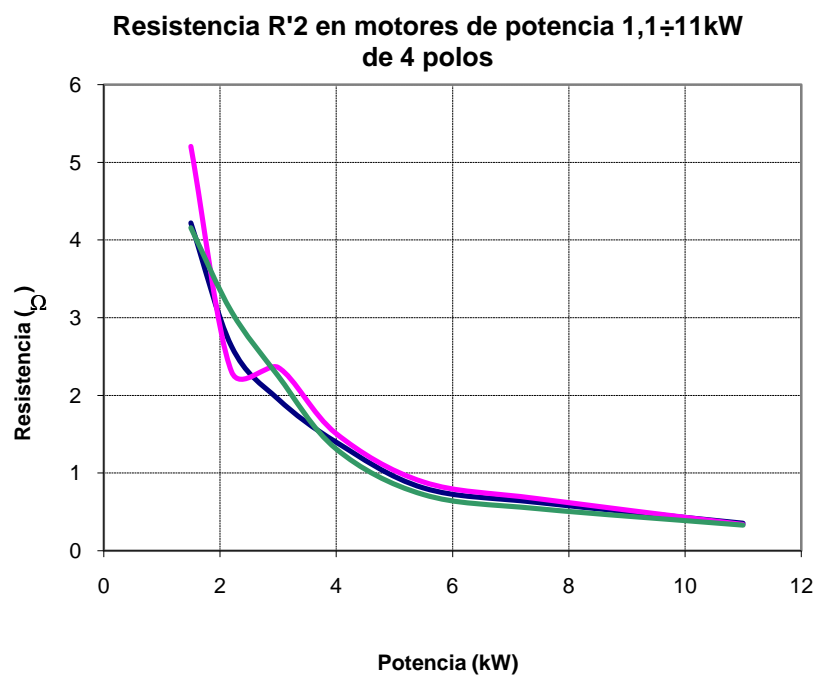
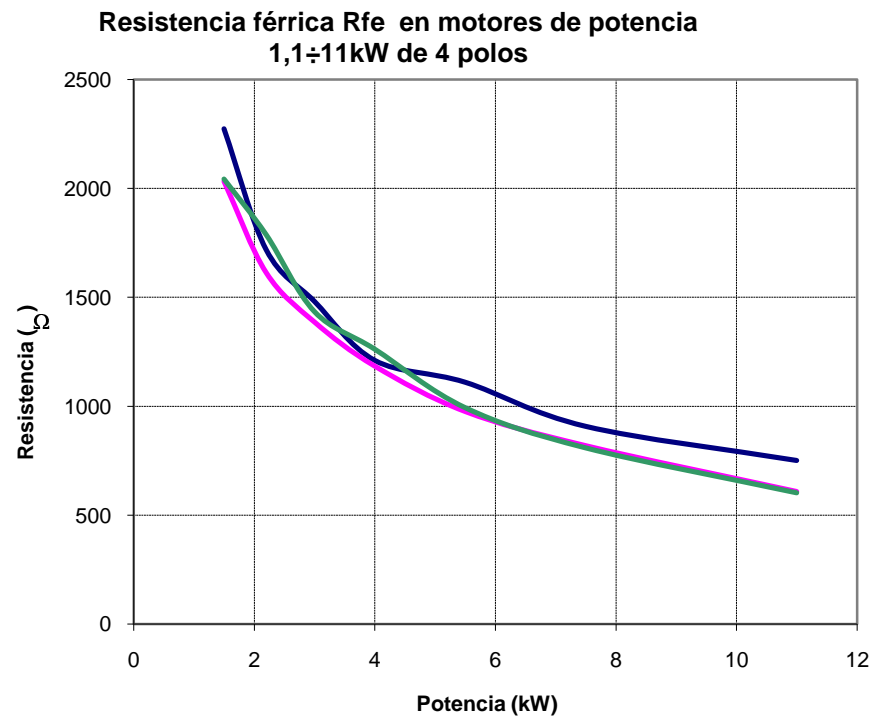


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia

$$R'2 = 7,2274 \cdot P^{-1,2429}$$

R'2 en Ω y P en kW

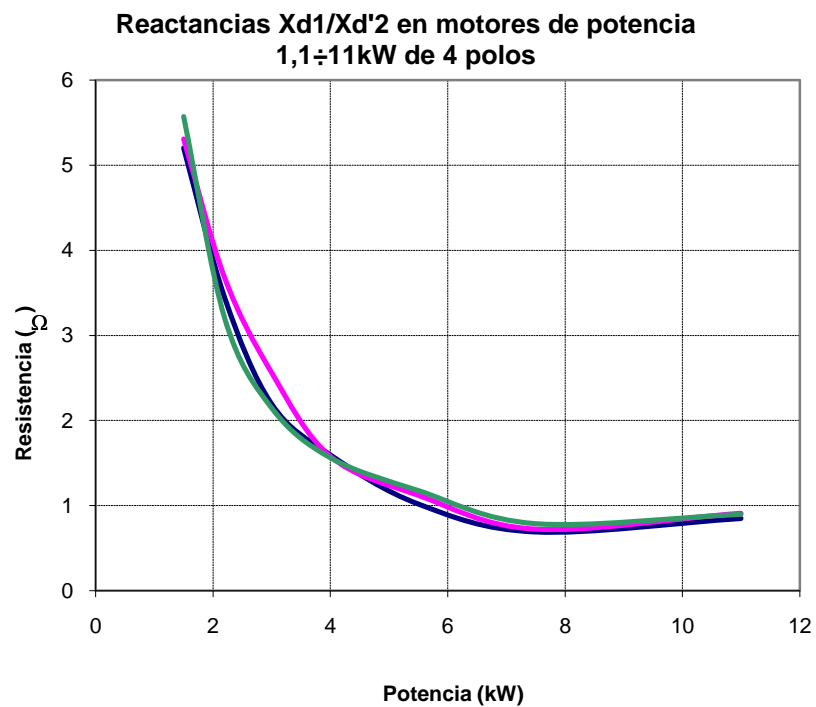
Evolución de Rfe (Ω).



$$R_{fe} = 2621,8 \cdot P^{-0,5899}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).



$$X_{d1}, X'_{d2} = 7,5258 \cdot P^{-1,0265}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

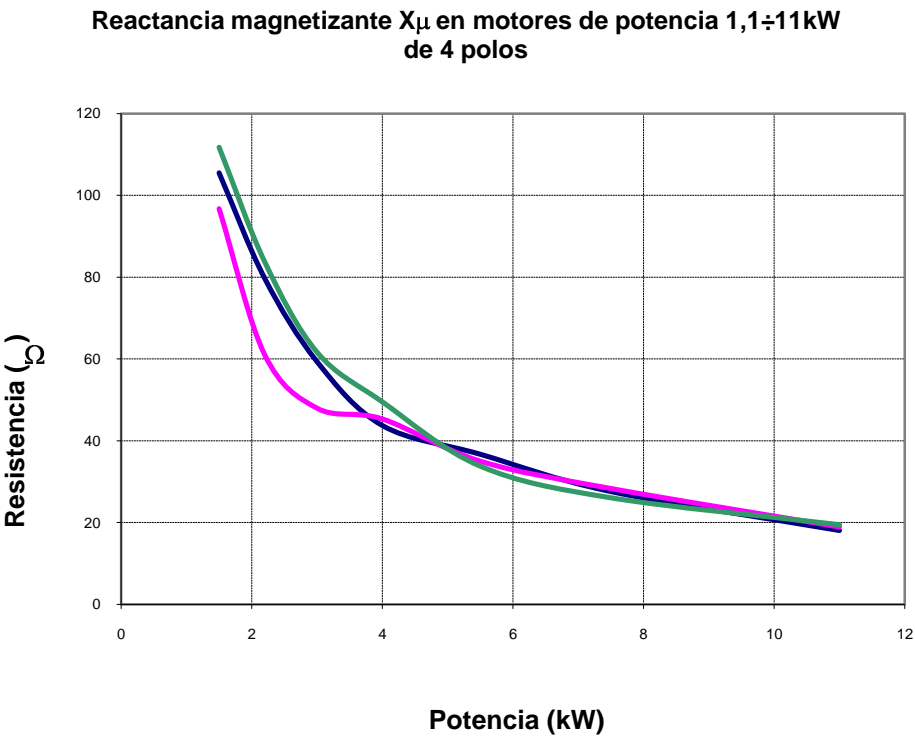
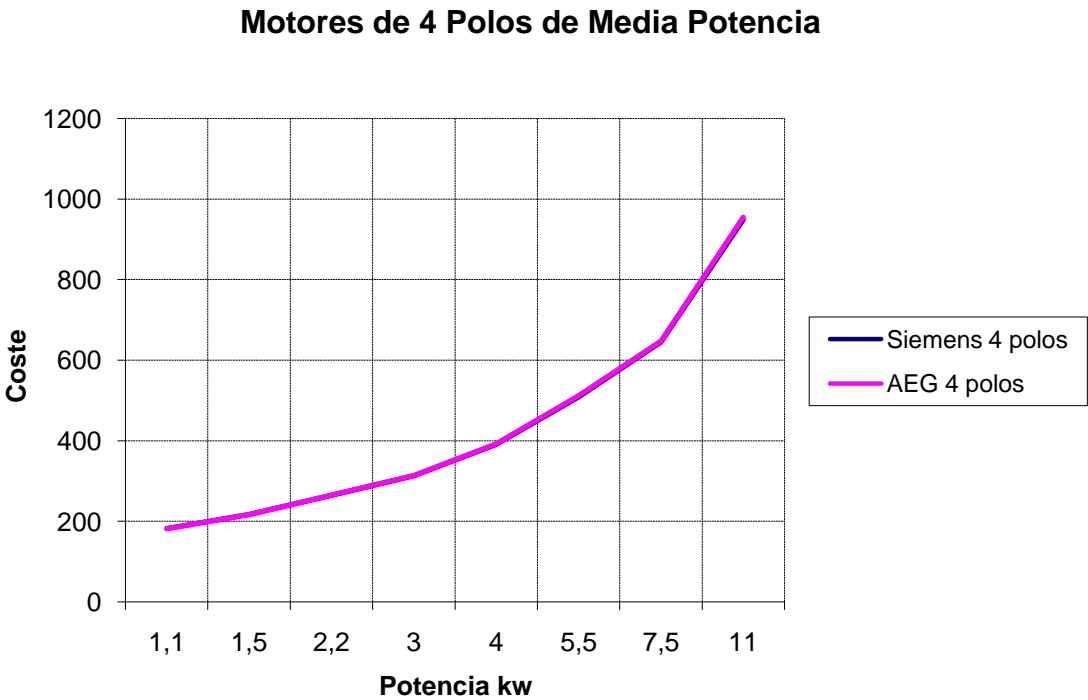


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 154,28 \cdot P^{-0,8727} \quad X_\mu \text{ en } \Omega \text{ y } P \text{ en kW}$$

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 4 polos y mayores de 11 kW .

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 4 polos y de gran potencia.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

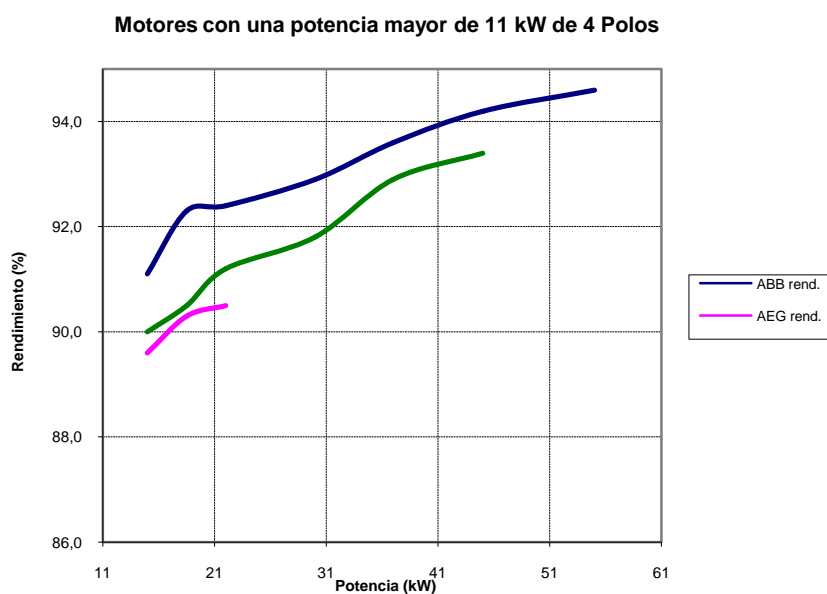


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.
 $\eta = 81,974 \cdot P^{0,0342}$ η en % y P en kW

Evolución del factor de potencia con la potencia:

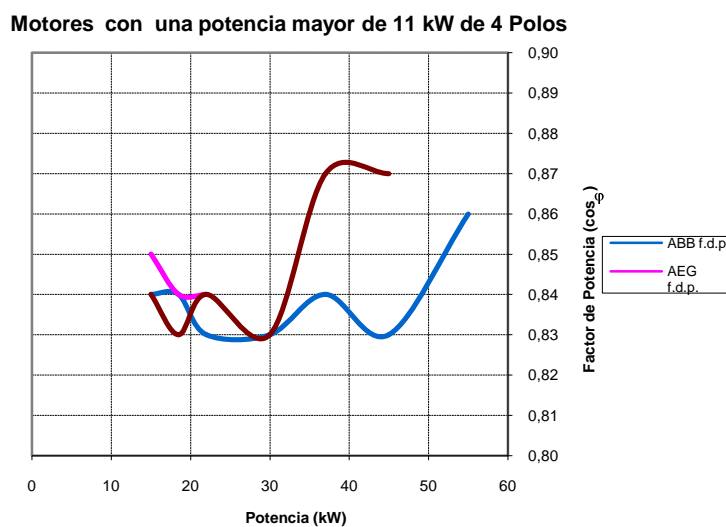


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,813 \cdot P^{0,0092} \quad \cos \varphi \text{ en pu y P en kW}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

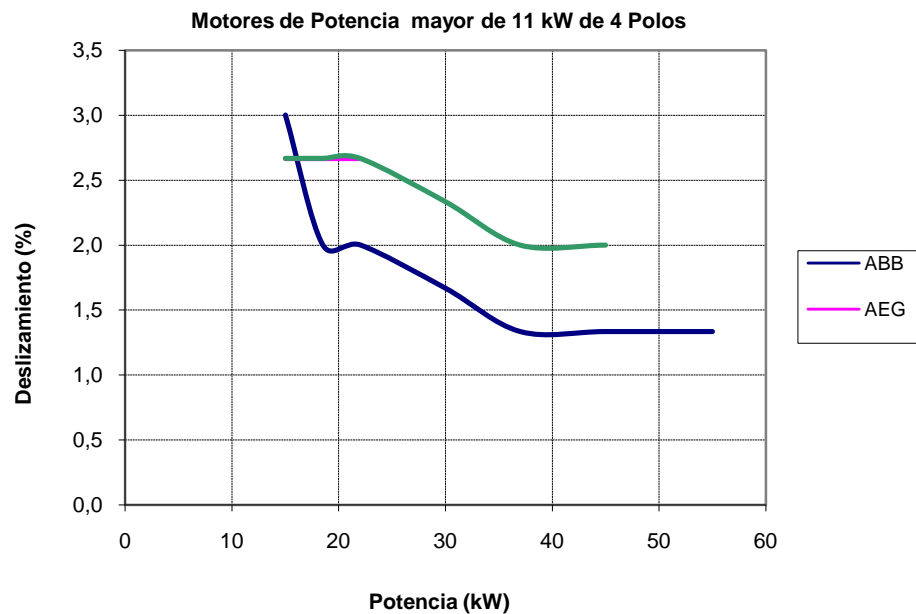


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 6,5823 \cdot P^{-0,3138} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

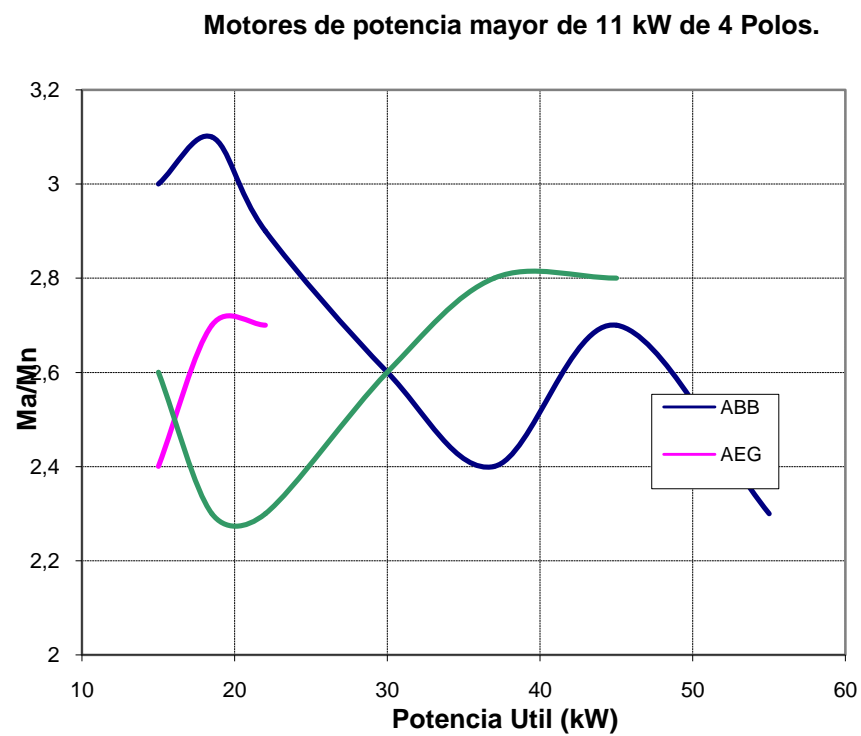


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 5,4033 \cdot P^{-0,2063} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

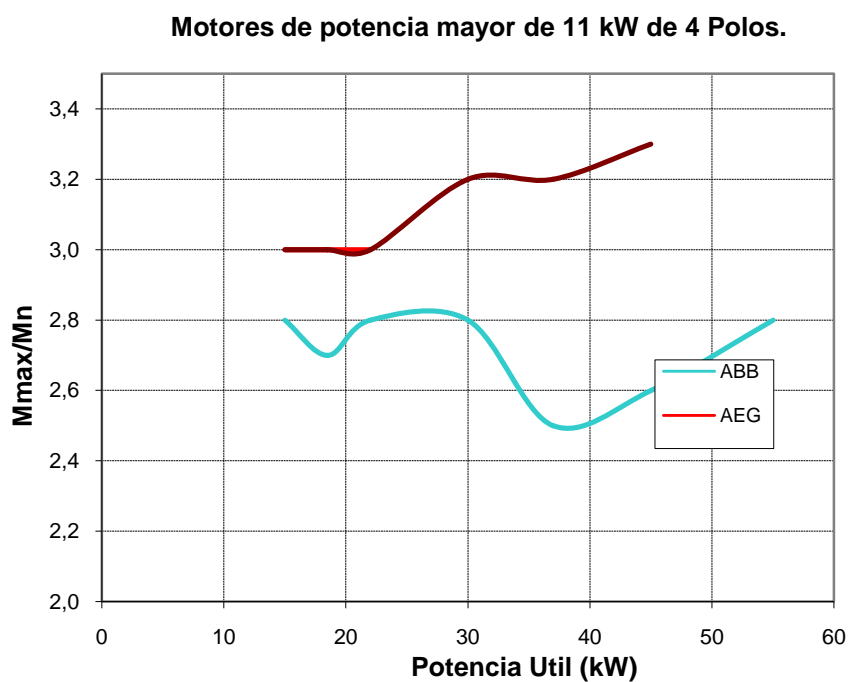


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 3,0251 \cdot P^{-0,0325} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

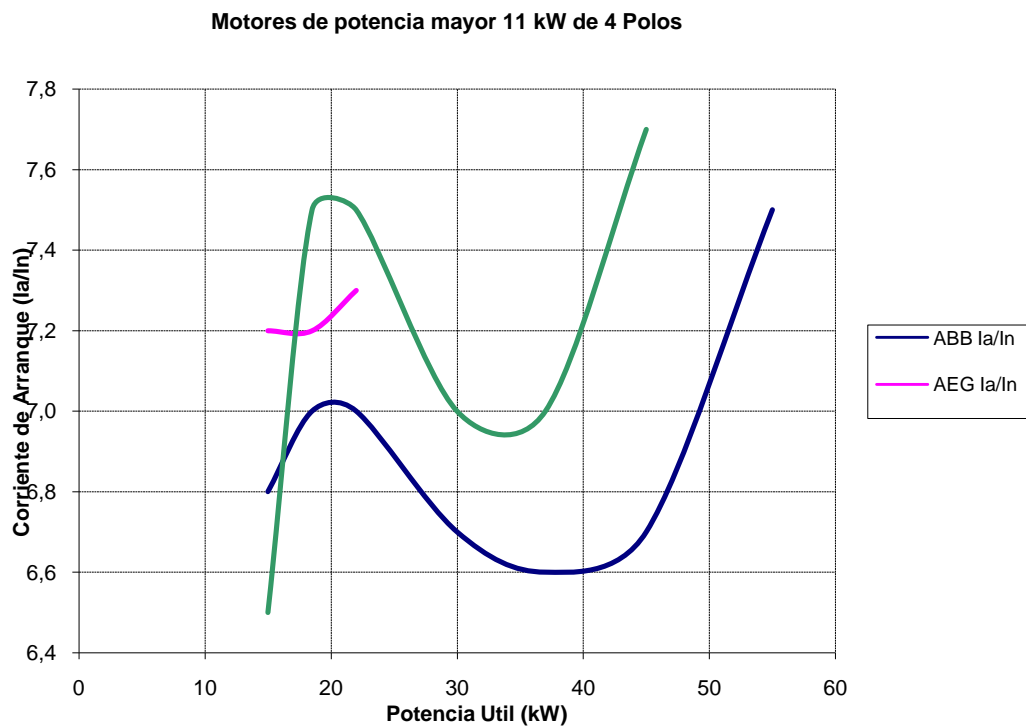


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 6,4419 \cdot P^{0,0202} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

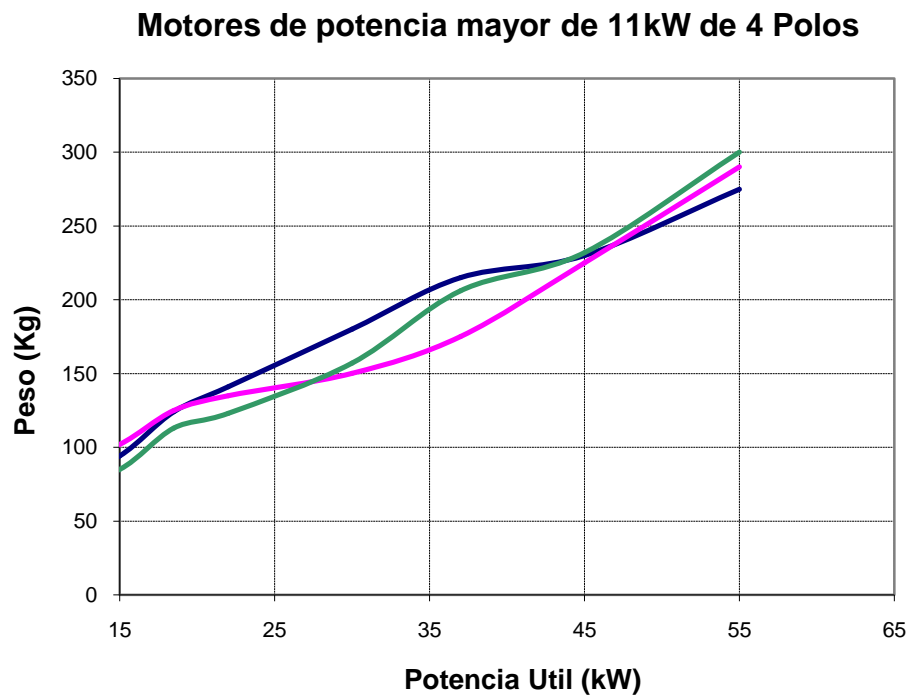


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 13,949 \cdot P^{0,6946}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

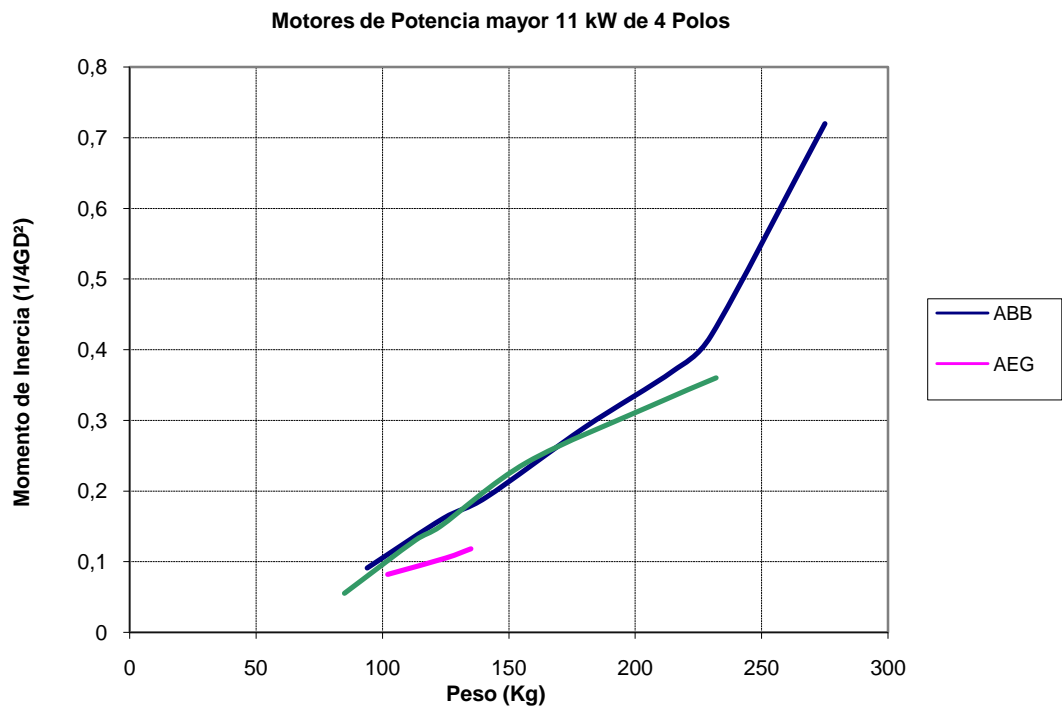


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,00005 \cdot P^{1,7945}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETRES CIRCUIT EQUIVALENT.

Evolución de R1 (Ω)

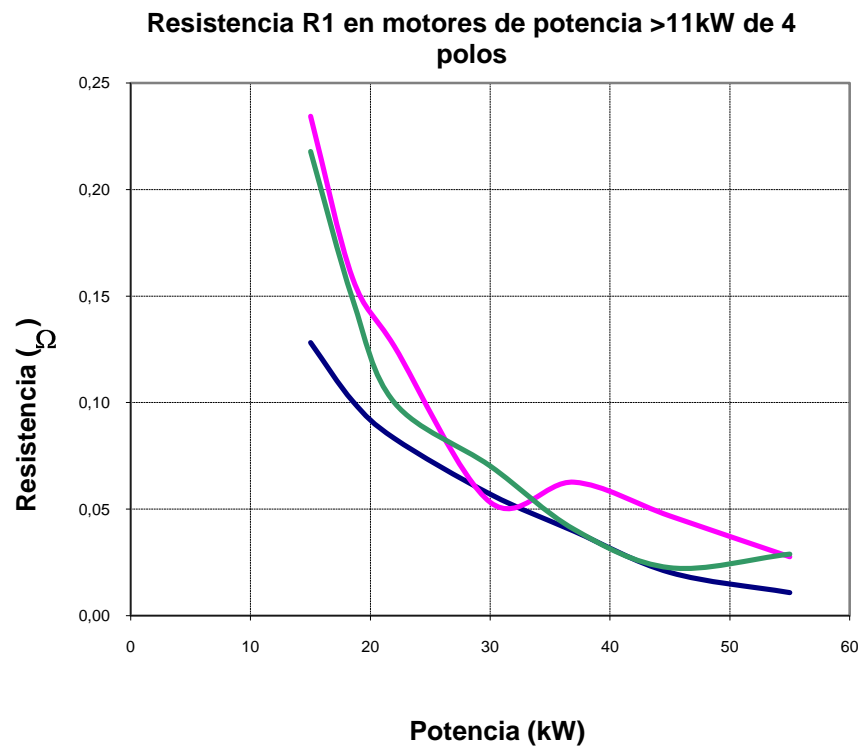


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 22,672 \cdot P^{-1,7322}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

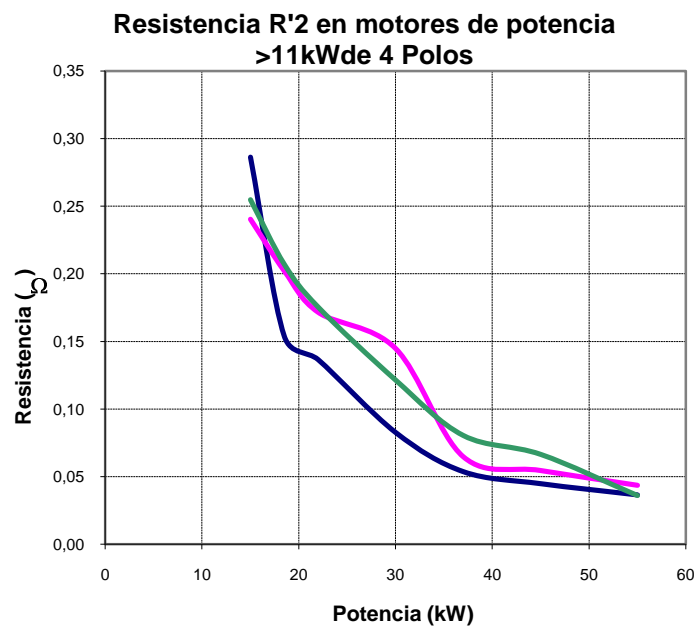


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 12,239 \cdot P^{-1,4028}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

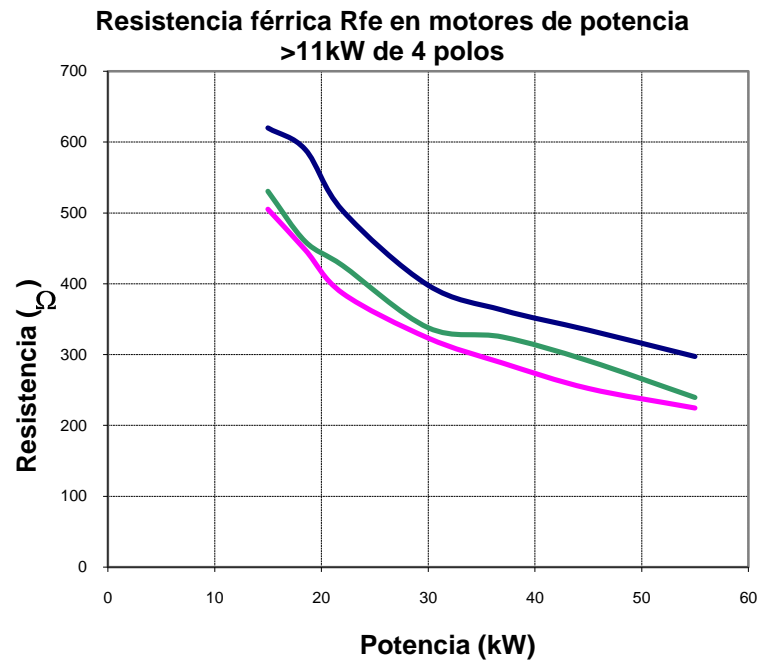


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 3152 \cdot P^{-0,5935}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

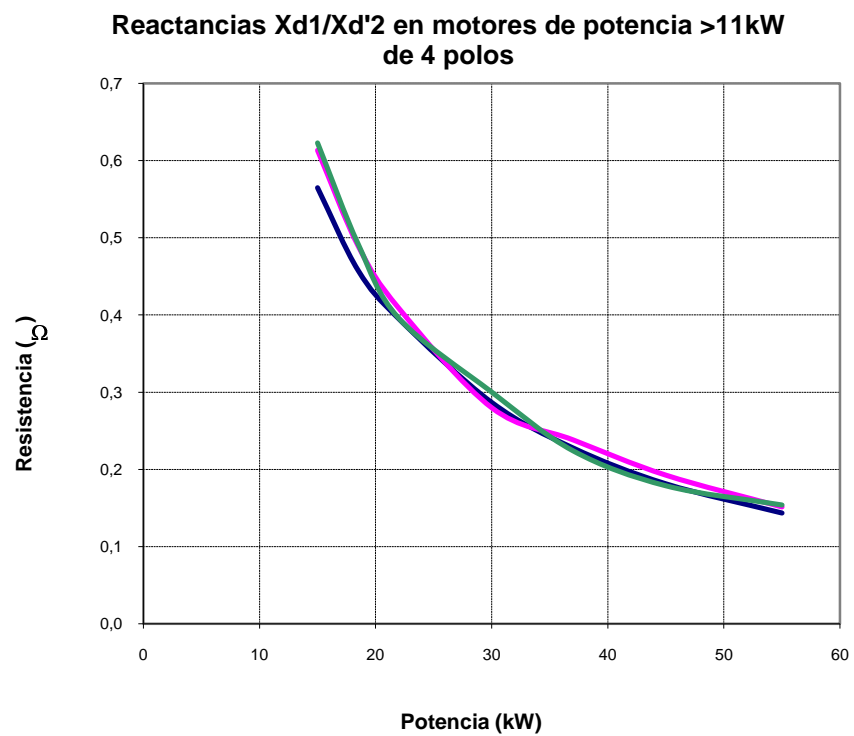


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 11,972 \cdot P^{-1,0951}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

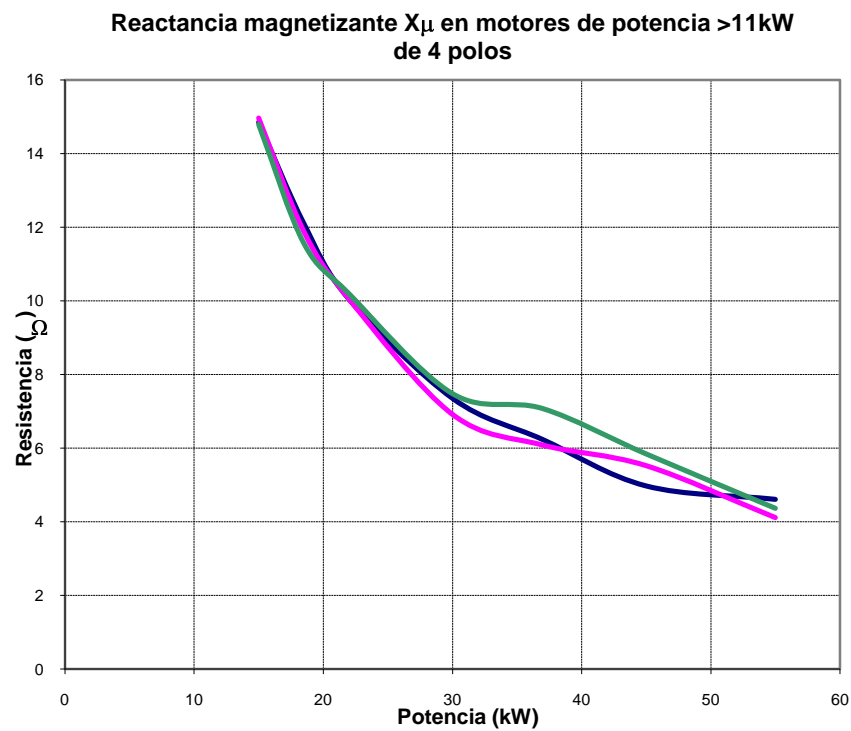
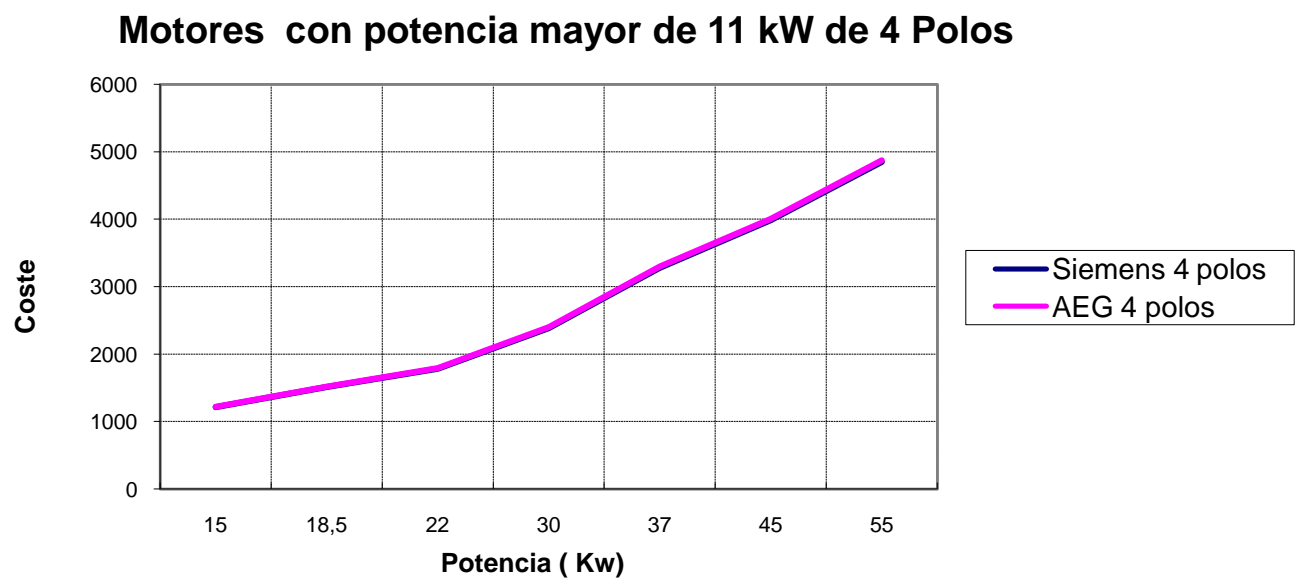


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 180,72 \cdot P^{-0,9311}$$

X_μ en Ω y P en kW

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 6 polos menos de 1,1 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 6 polos y potencia menor de 1,1 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

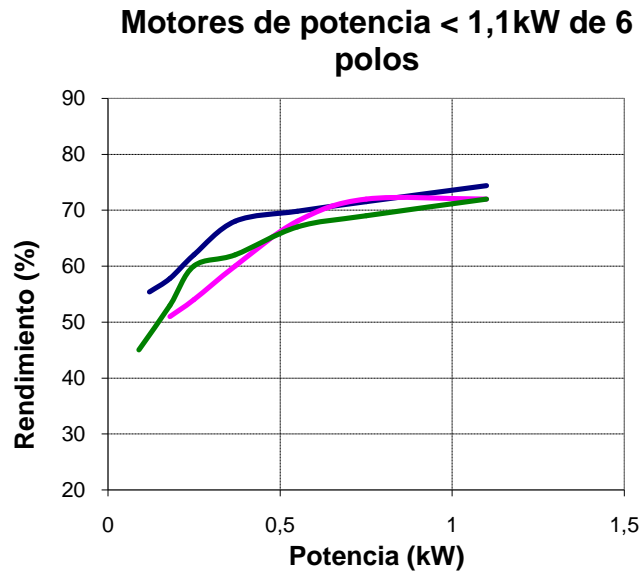


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 74,077 \cdot P^{0,2134}$$

η en % y P en kW

Evolución del factor de potencia con la potencia:

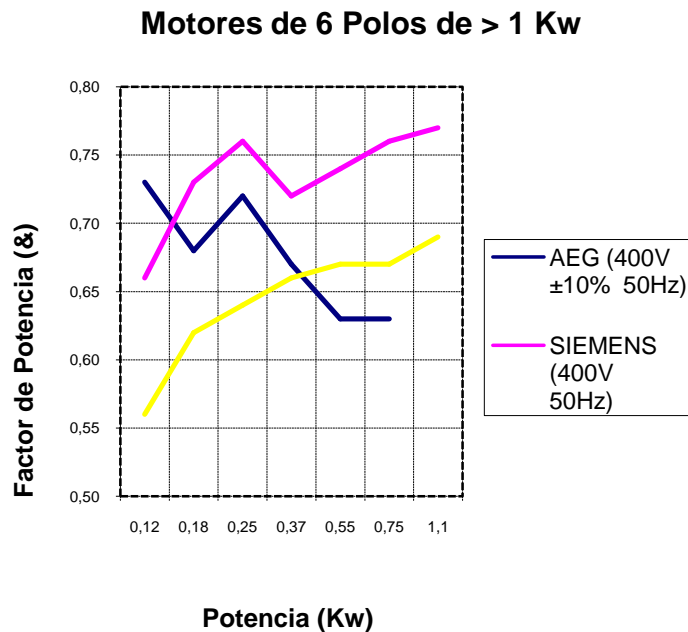


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,737 \cdot P^{0,0794}$$

$\cos \varphi$ en pu y P en kW

Evolución del deslizamiento con la potencia:

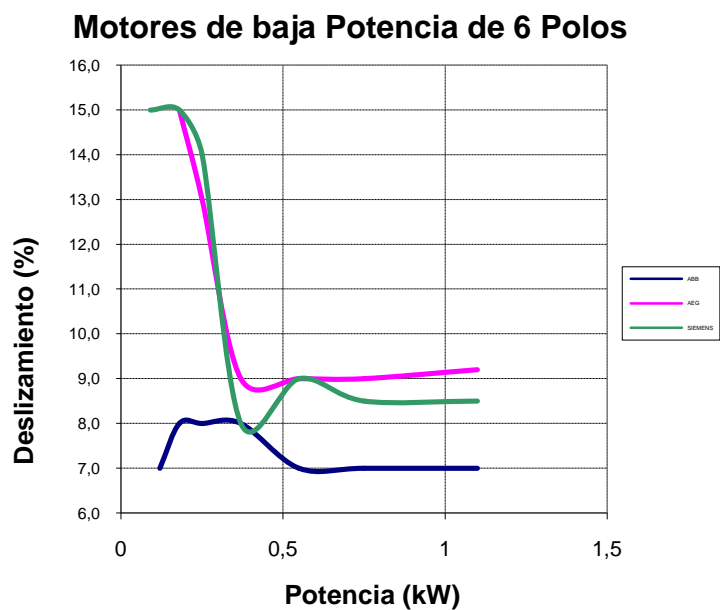


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 7,1316 \cdot P^{-0,0386} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

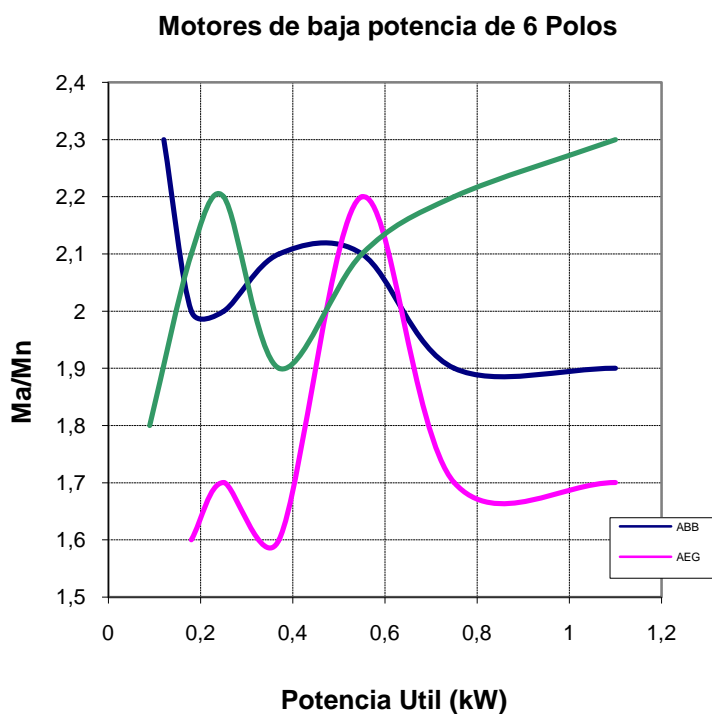


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 2,2433 \cdot P^{0,073} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

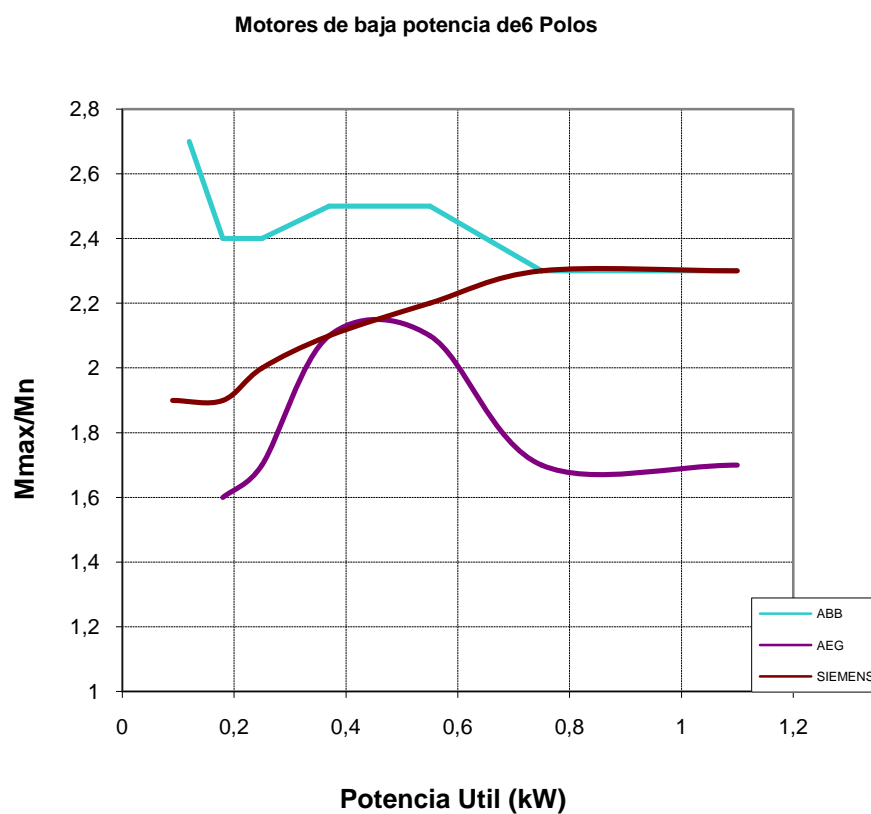


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 2,3043 \cdot P^{0,0919} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

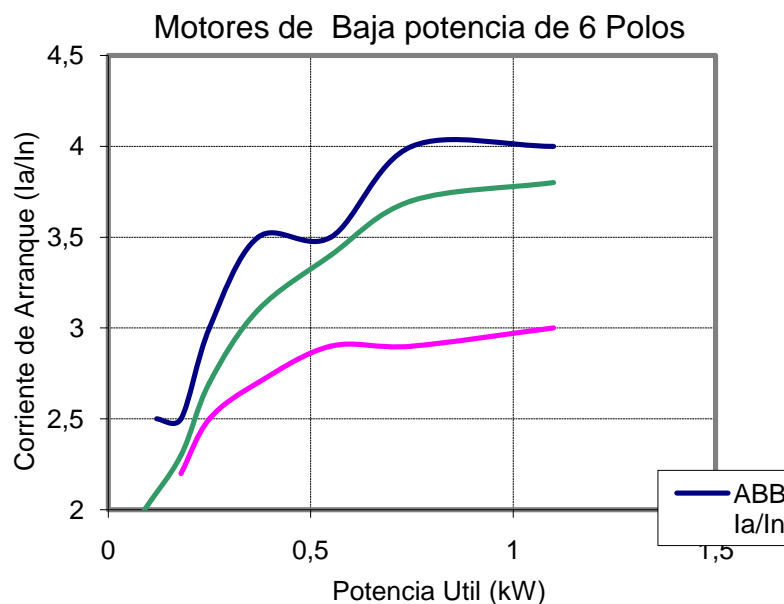


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 3,0649 \cdot P^{0,1625} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

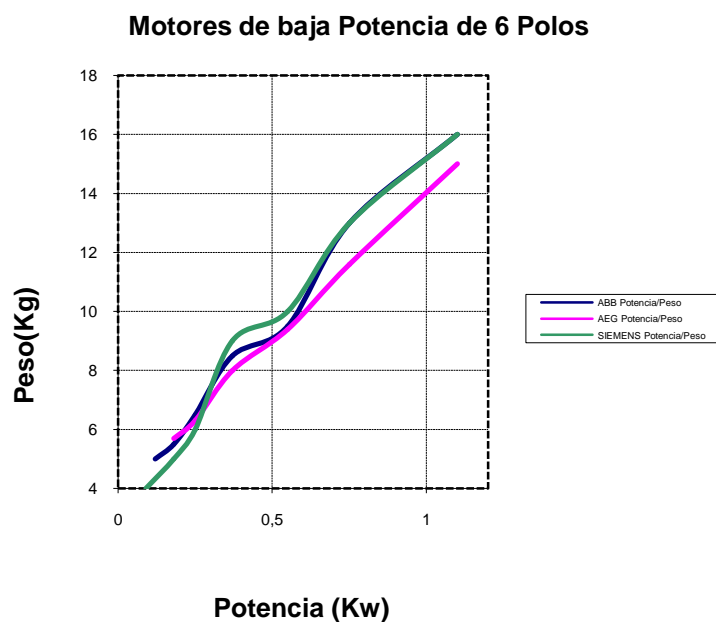


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 14,48 \cdot P^{0,5416}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

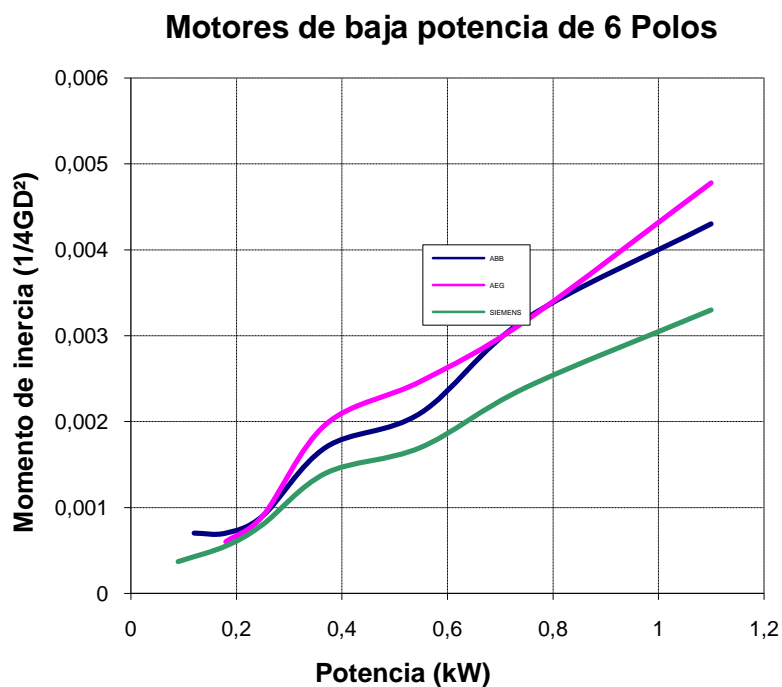


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0038 \cdot P^{0,9052}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETROS CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

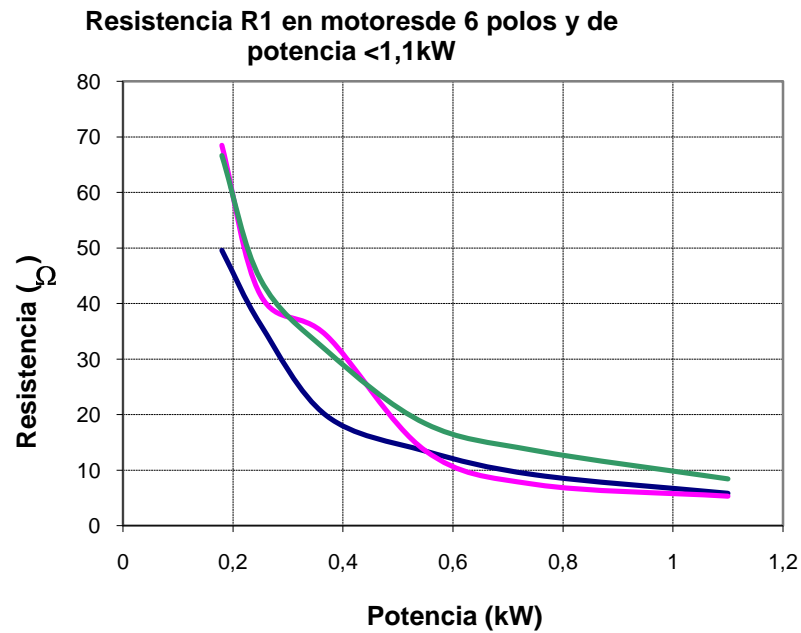


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 6,5079 \cdot P^{-1.1929}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

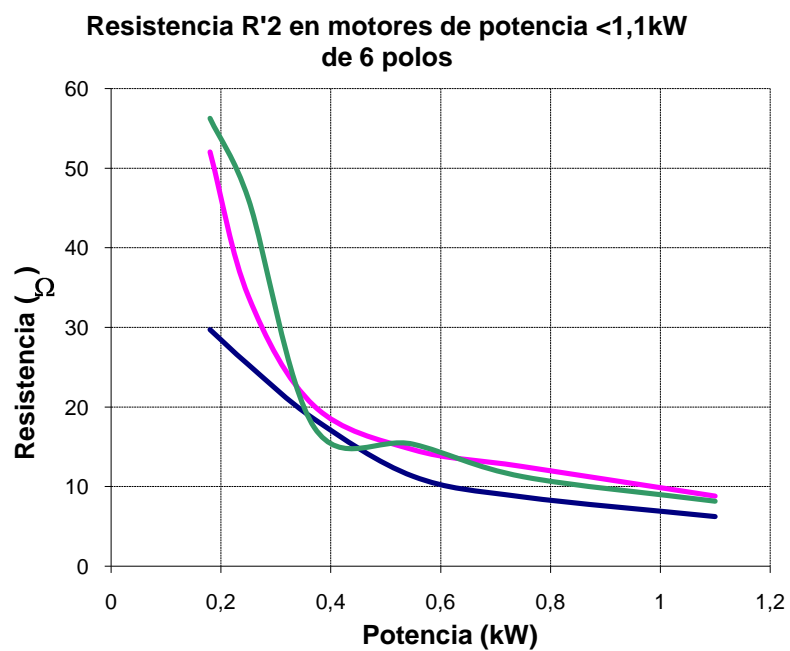


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 6,8435 \cdot P^{-0.9043}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

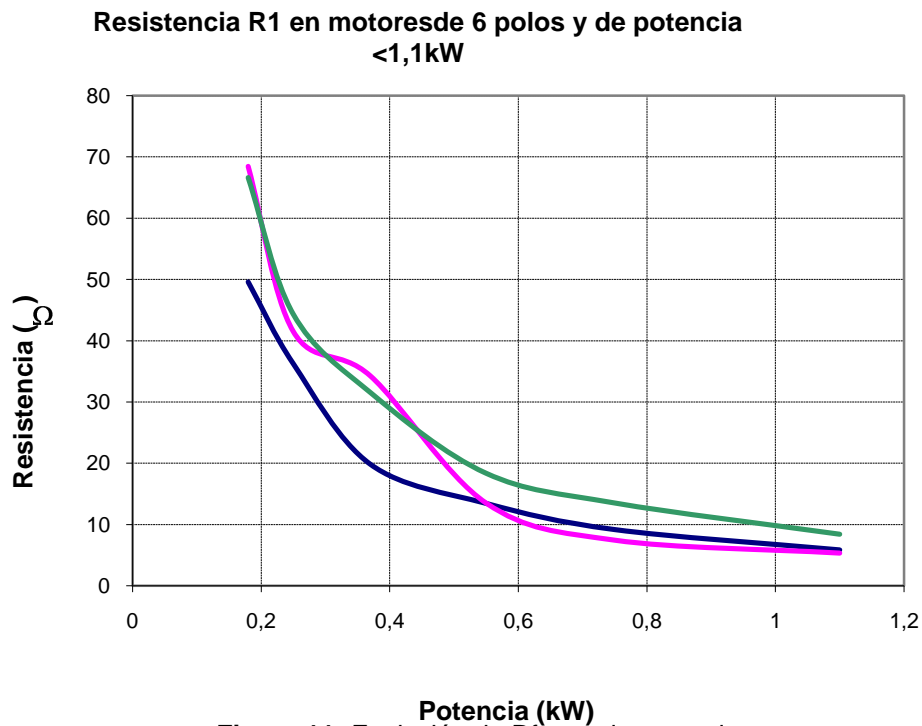


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 1941,7 \cdot P^{-0,4311}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

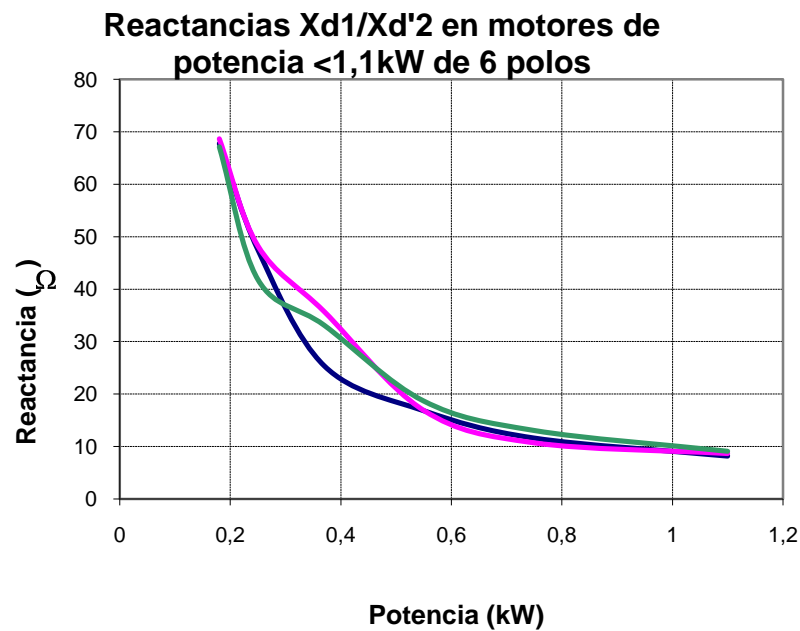


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 8,5356 \cdot P^{-1,1925}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

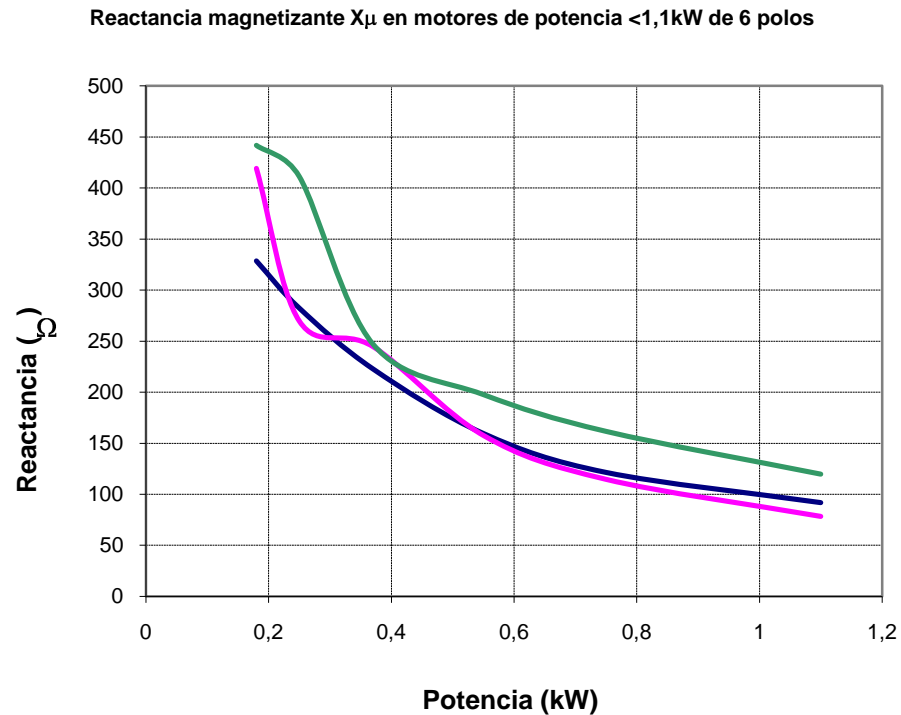
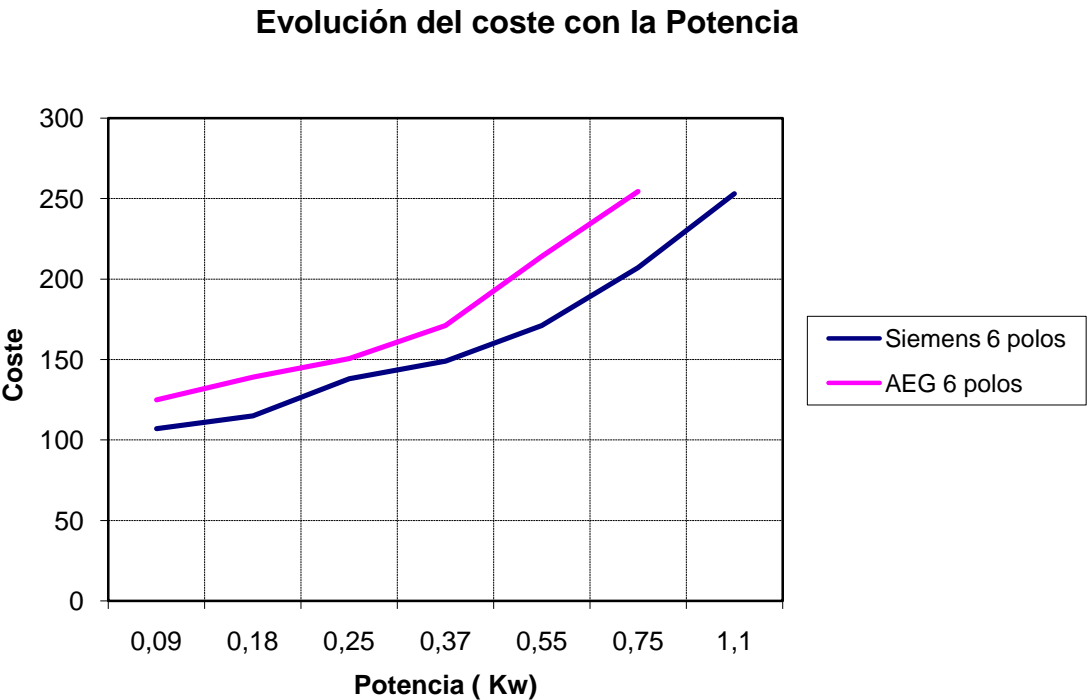


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 101,05 \cdot P^{-0,725} \quad X_\mu \text{ en } \Omega \text{ y } P \text{ en kW}$$

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 6 polos entre 1,1 y 11 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 6 polos y potencia entre 1,1 y 11 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

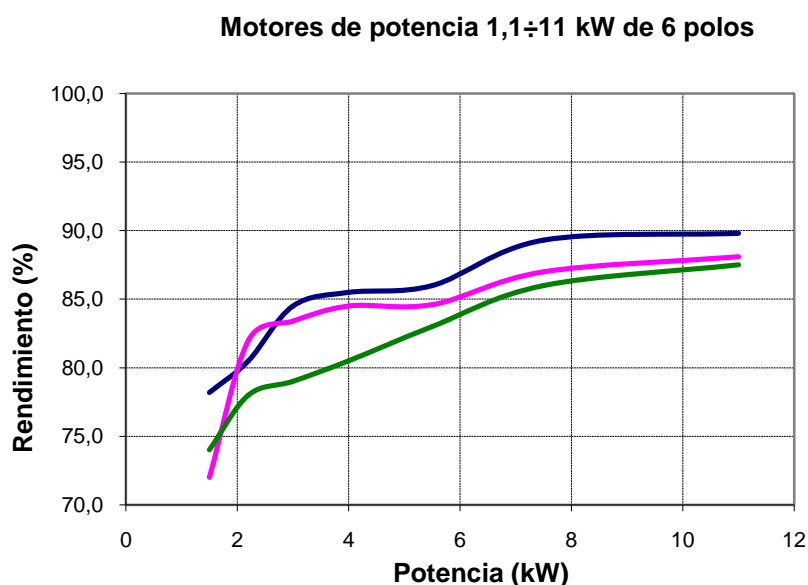


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.
 $\eta = 76,749 \cdot P^{0,0707}$ η en % y P en kW

Evolución del factor de potencia con la potencia:

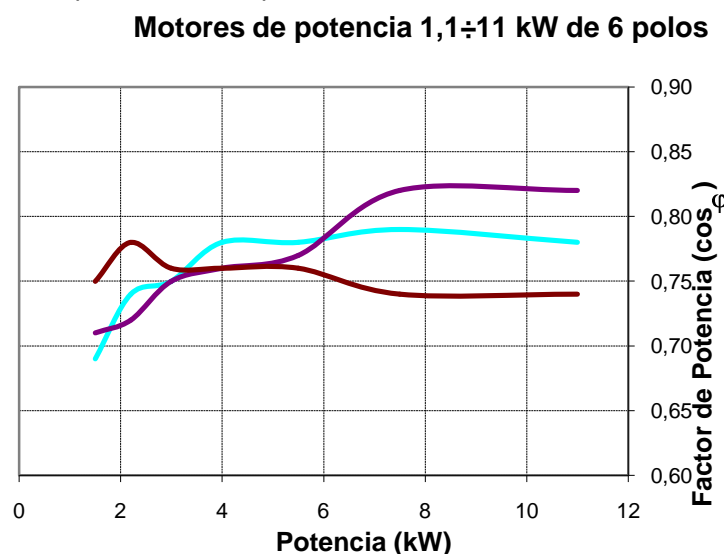


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,7723 \cdot P^{0,0157} \quad \cos \varphi \text{ en pu y P en kW}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

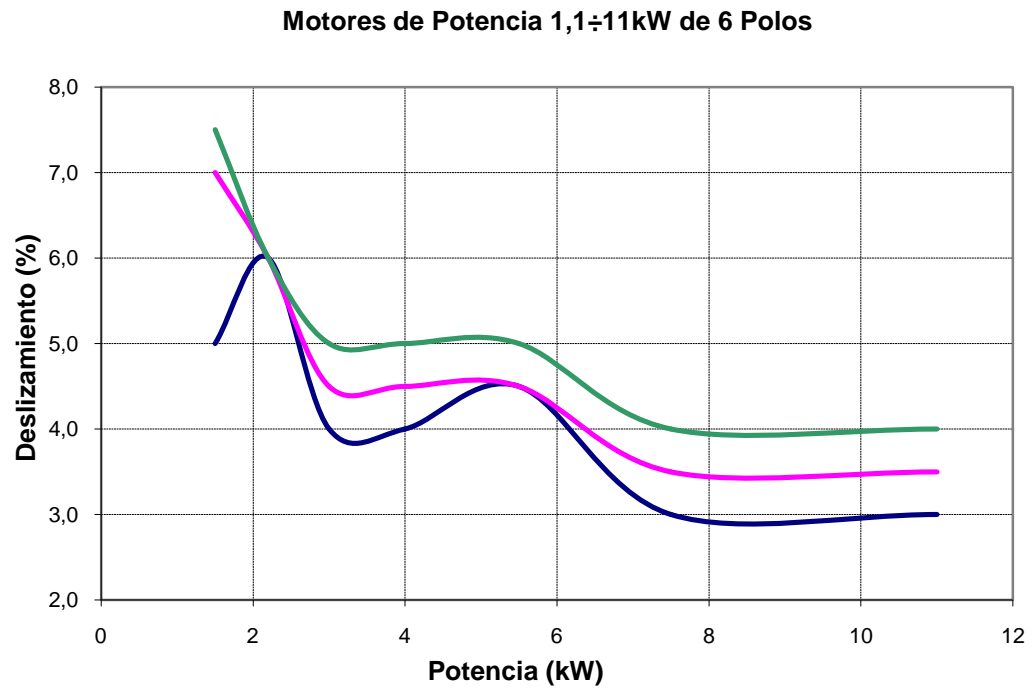


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 7,5796 \cdot P^{-0,3494} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

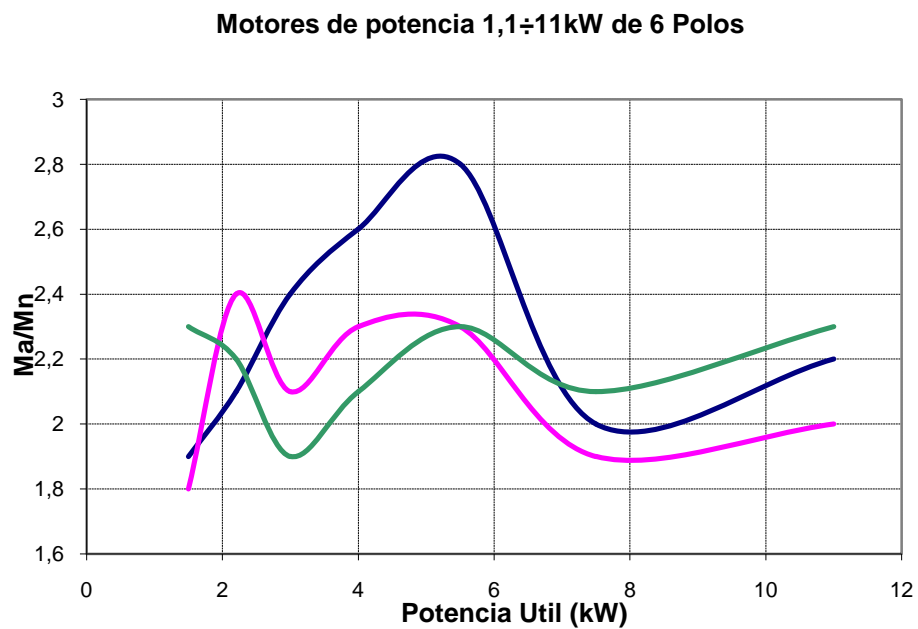


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 2,16 \cdot P^{-0,0041} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio M_{max}/M_n con la potencia:

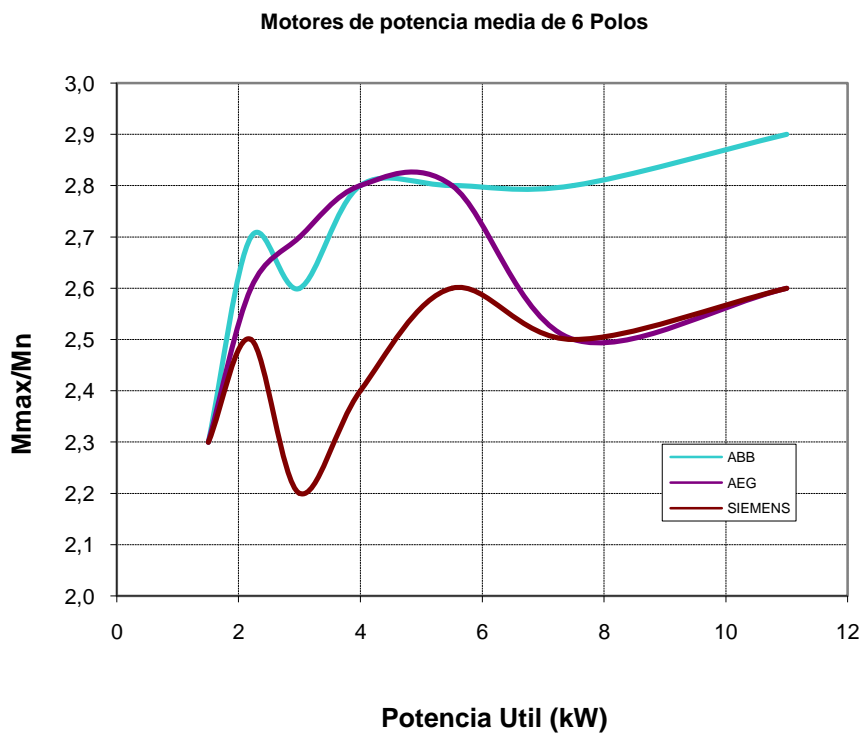


Figura 5: Evolución del M_{max}/M_n con la potencia.

$$M_{max}/M_n = 2,4774 \cdot P^{0,037} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio I_a/I_n con la potencia:

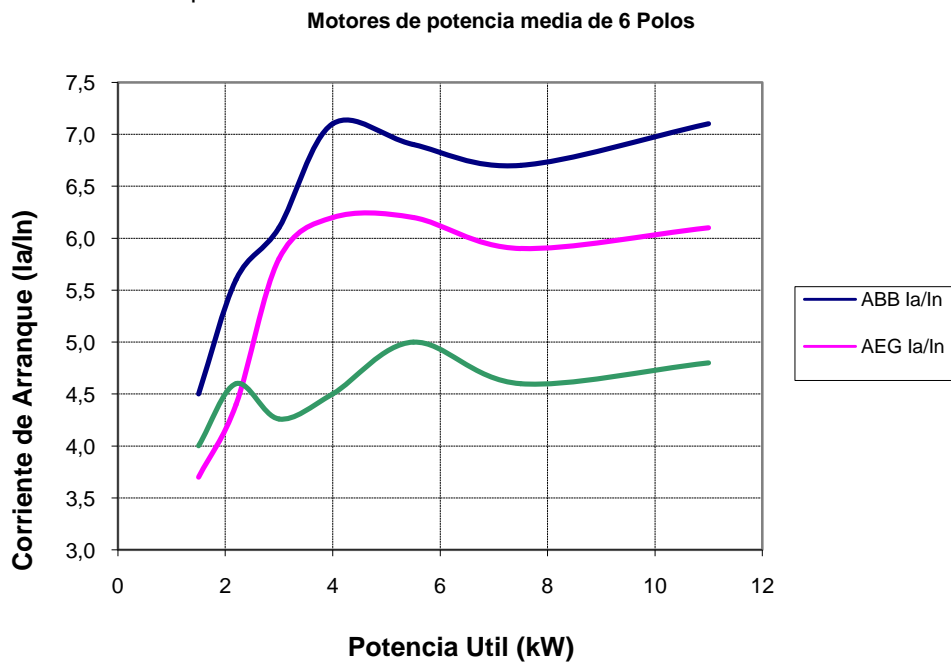


Figura 6: Evolución de I_a/I_n con la potencia.

$$I_a/I_n = 3,8551 \cdot P^{0,2383} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

Motores de 6 polos y media potencia

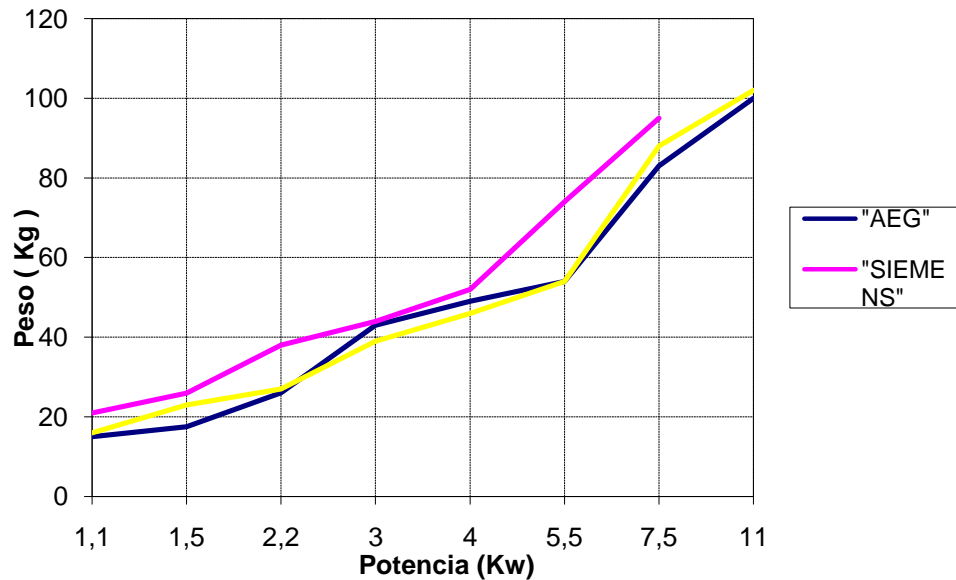


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 11,435 \cdot P^{0,9431}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

Motores de potencia media de 6 Polos

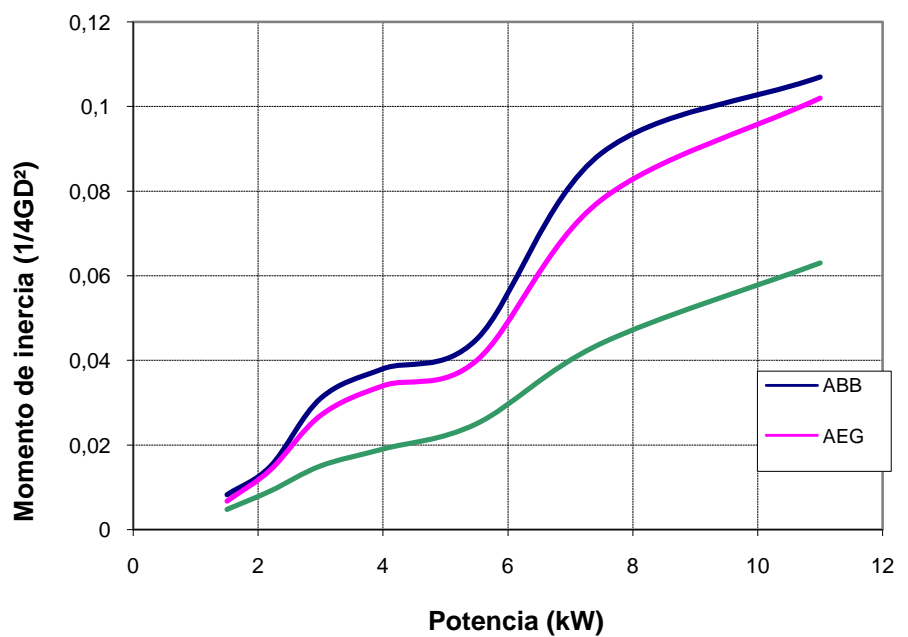


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0049 \cdot P^{1,3254}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETROS CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

Resistencia R1 en motores de potencia 1,1÷11kW

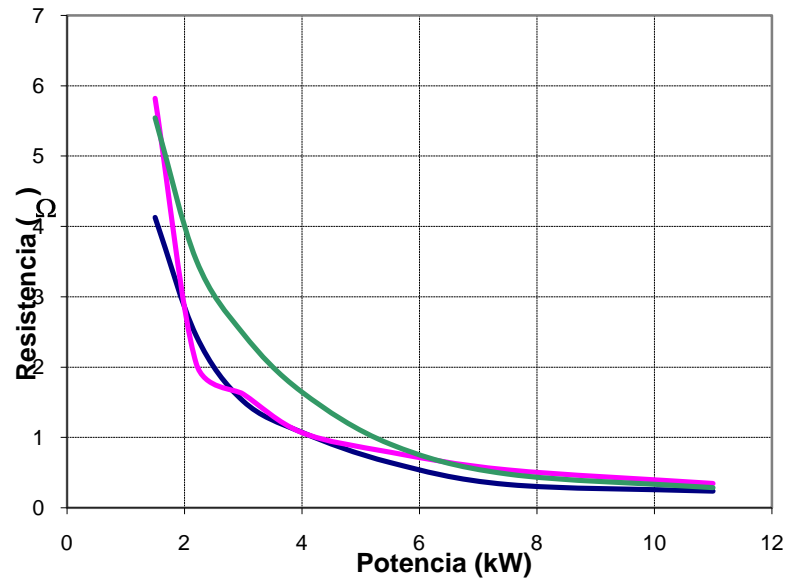


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 7,808 \cdot P^{-1.4902}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

Resistencia R'2 en motores de potencia 1,1÷11kW

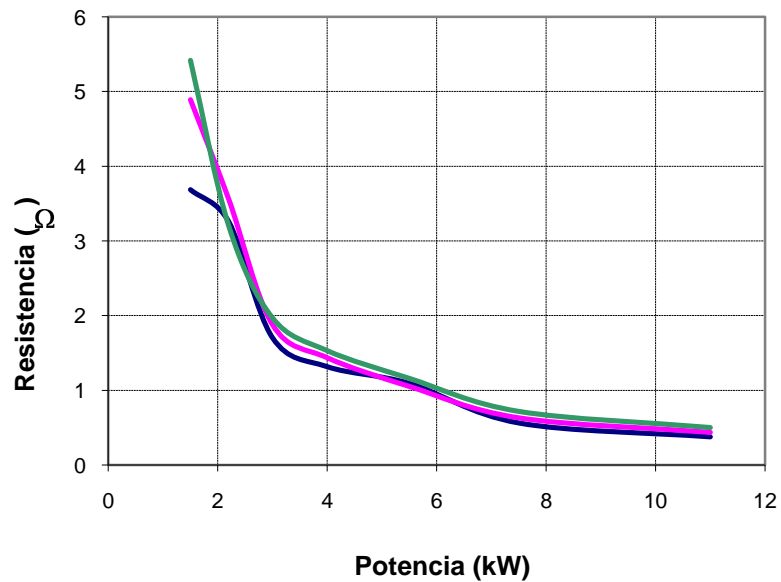


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 8,1121 \cdot P^{-1.1818}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

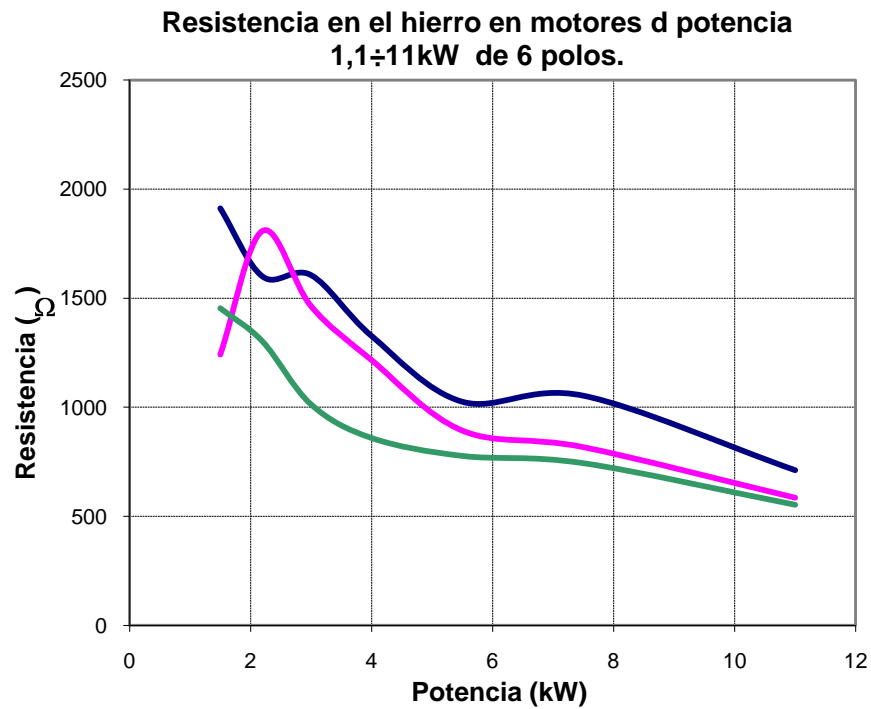


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 2099,9 \cdot P^{-0,4755}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

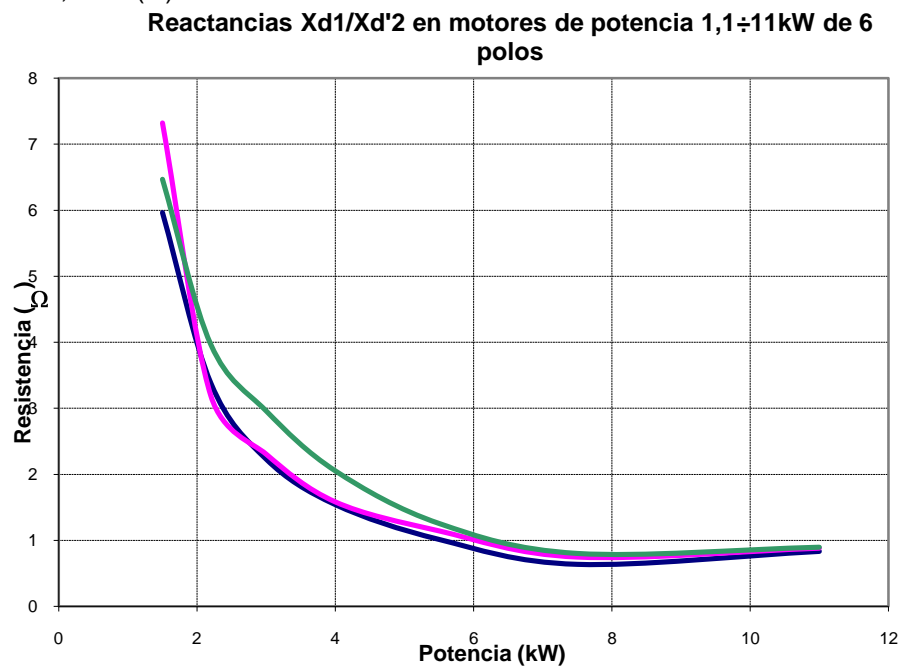


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 8,434 \cdot P^{-1,0986}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_{μ} (Ω).

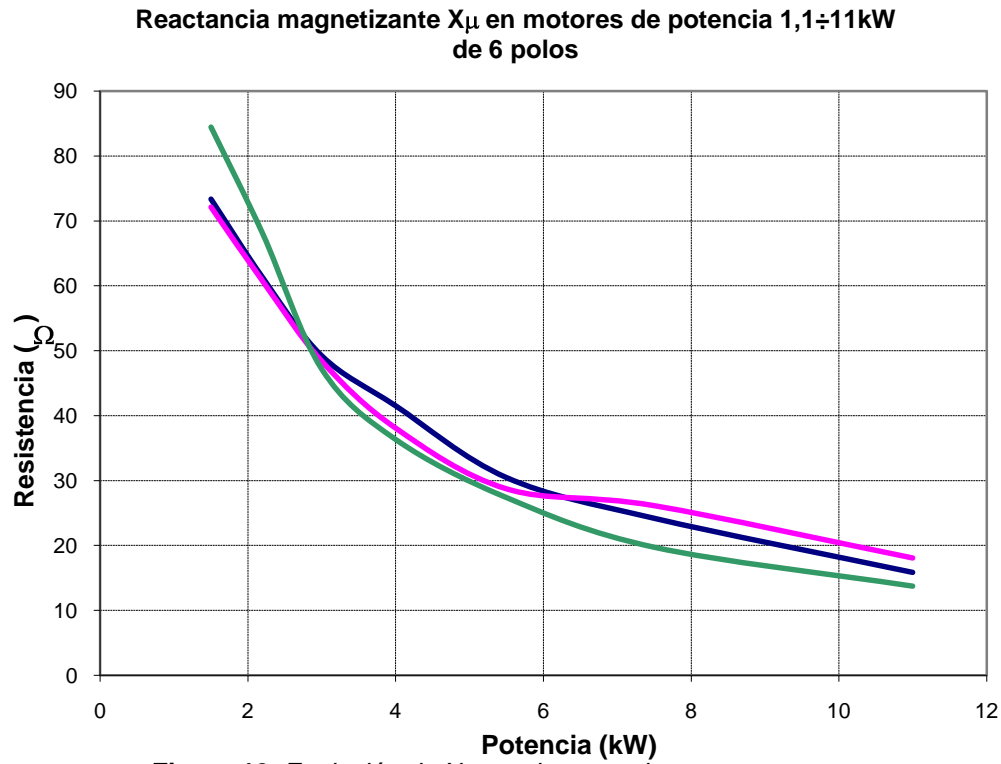
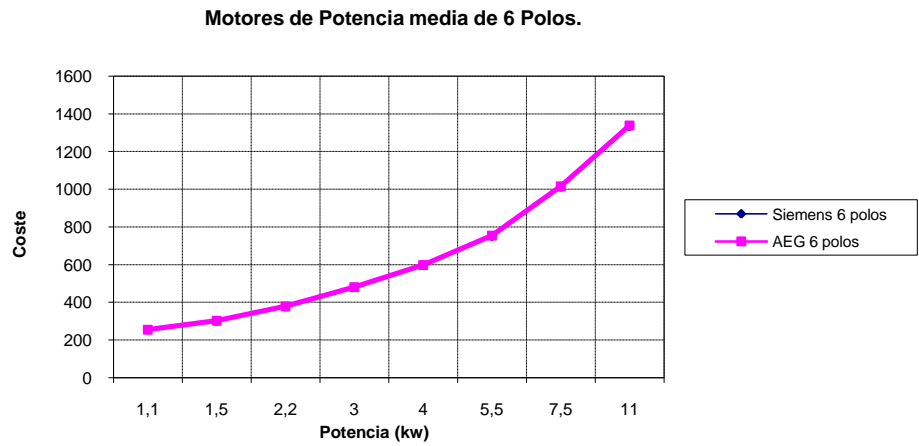


Figura 13: Evolución de X_{μ} con la potencia.

$$X_{\mu} = 110,29 \cdot P^{-0,7679} \quad X_{\mu} \text{ en } \Omega \text{ y } P \text{ en kW}$$

Evolución del coste con la potencia:



Motores de inducción de 6 polos de potencia mayor de 11 kW.

Datos recogidos a partir de catálogos de 2 fabricantes en motores de 6 polos y de gran potencia. entre

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

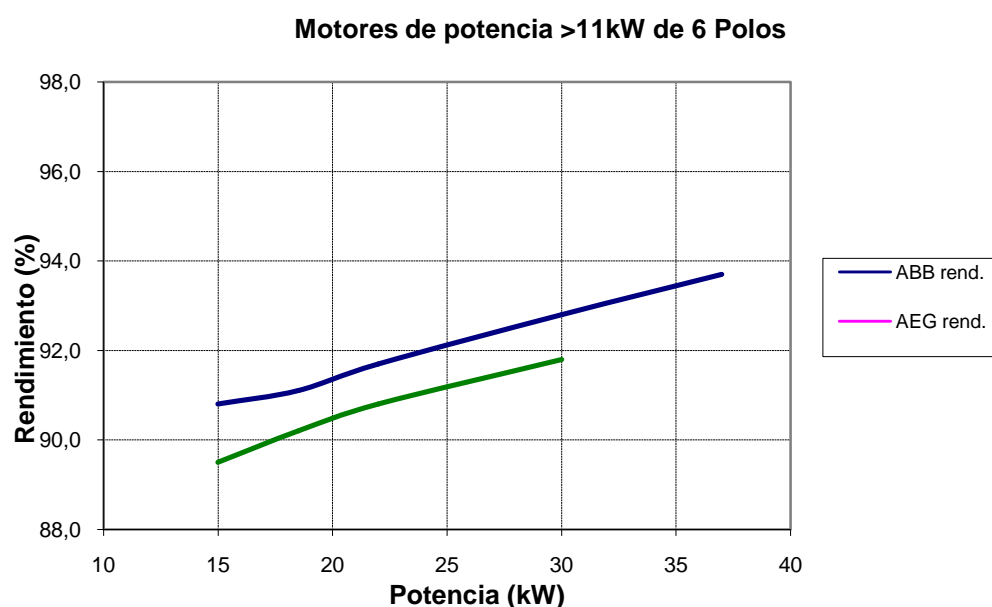


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 81,052 \cdot P^{0,0367} \quad \eta \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del factor de potencia con la potencia:

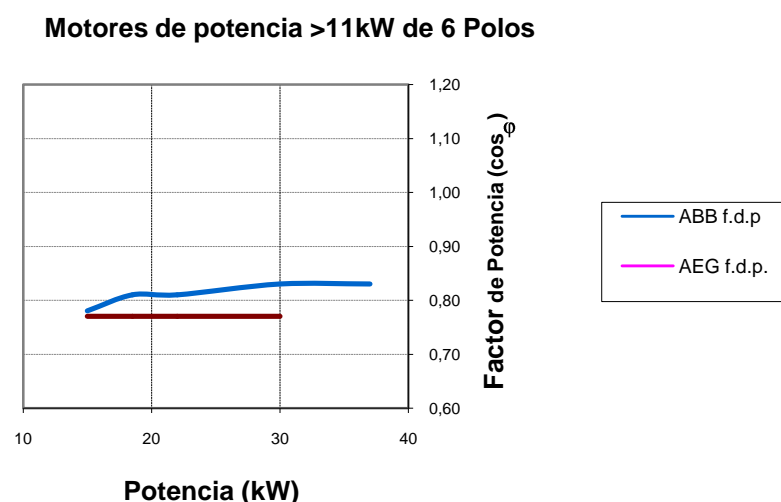


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia

$$\cos \varphi = 0,77 \cdot P^{-0,015} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en kW}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

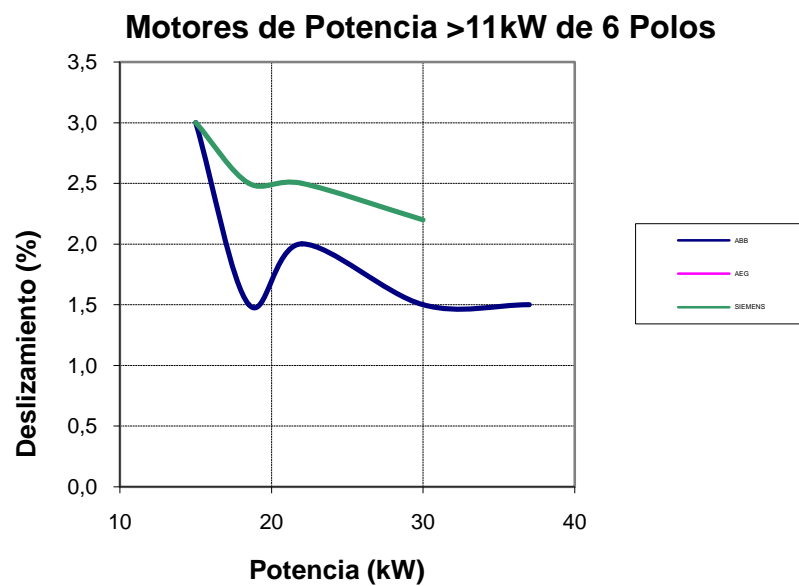


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 8,8216 \cdot P^{-0,4117} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

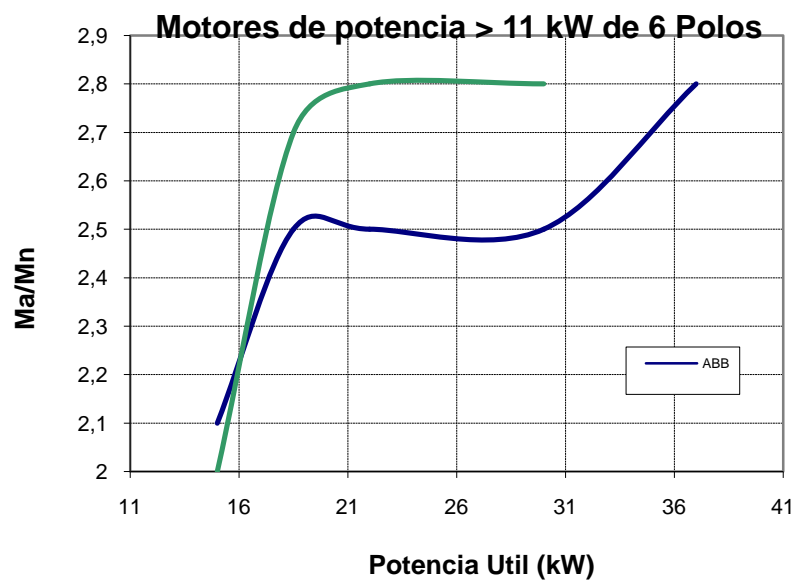


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 1,1452 \cdot P^{0,2443} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

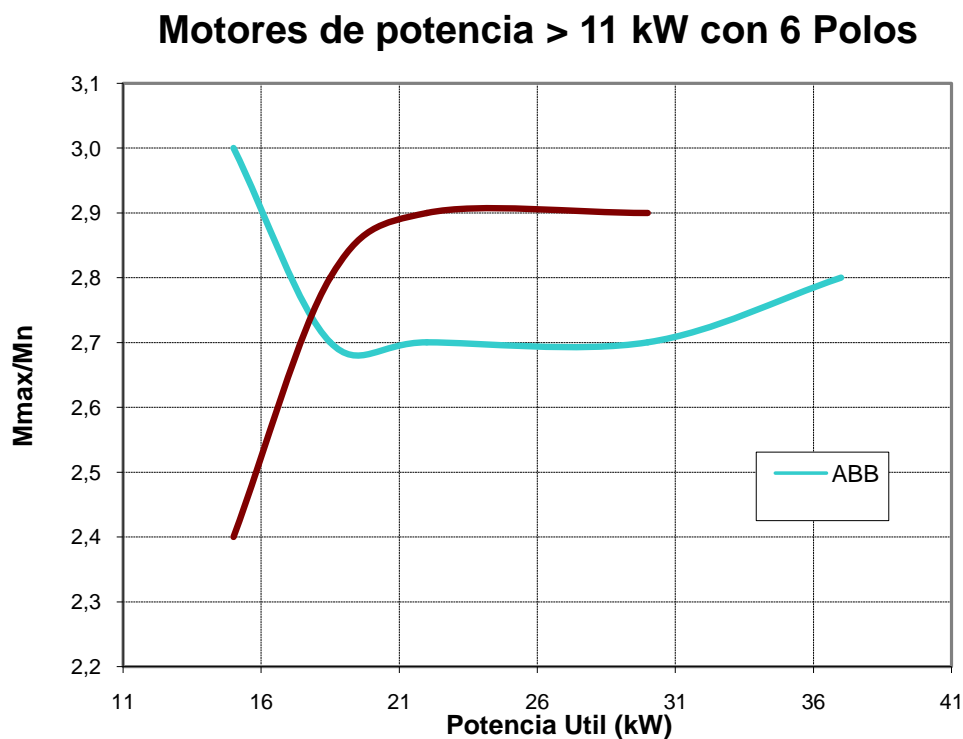


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 3,3054 \cdot P^{-0,0553} \quad P \text{ en k}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

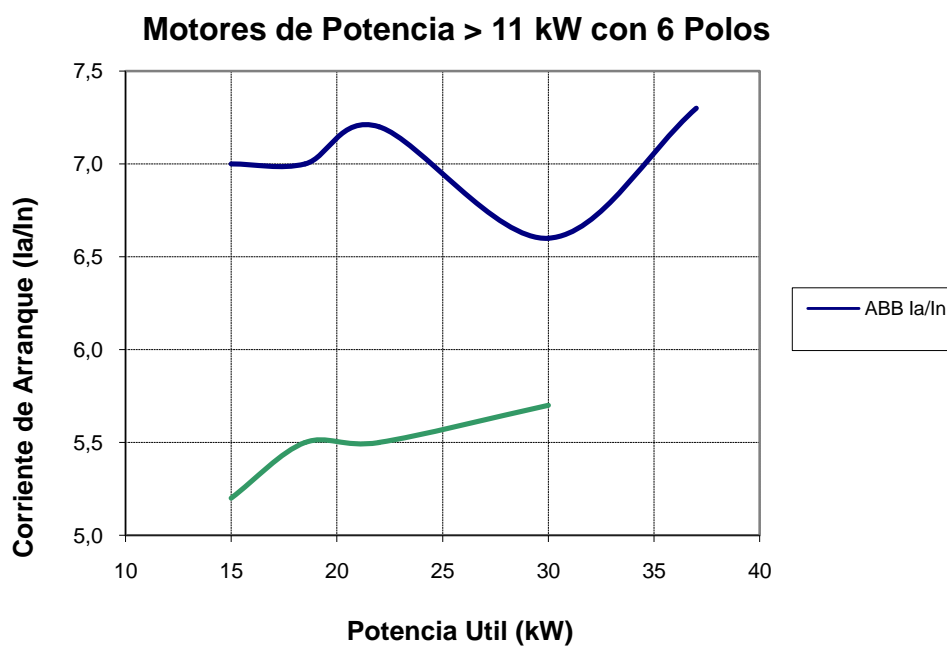


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 6,8937 \cdot P^{0,0056} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

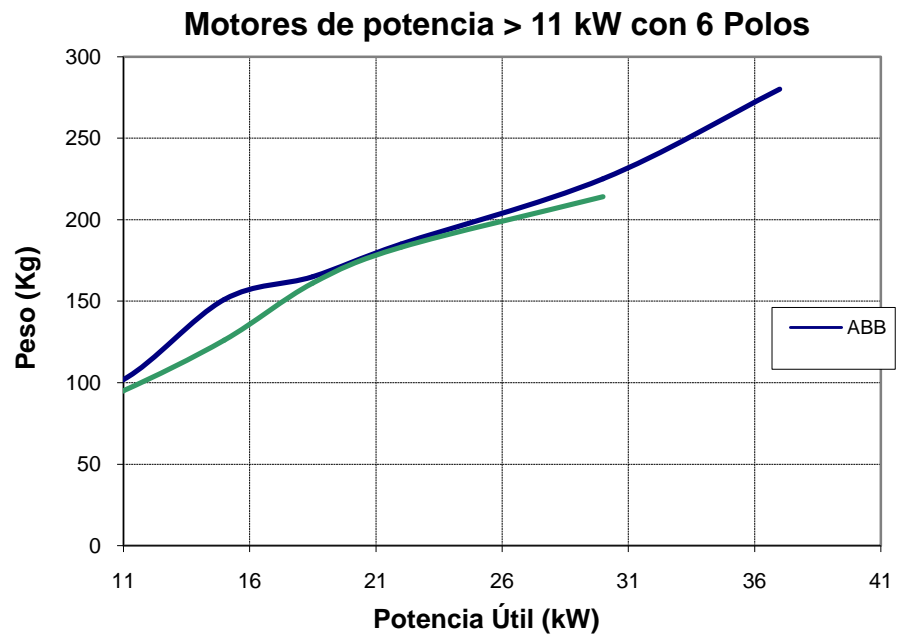


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 17,696 \cdot P^{0,7414}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

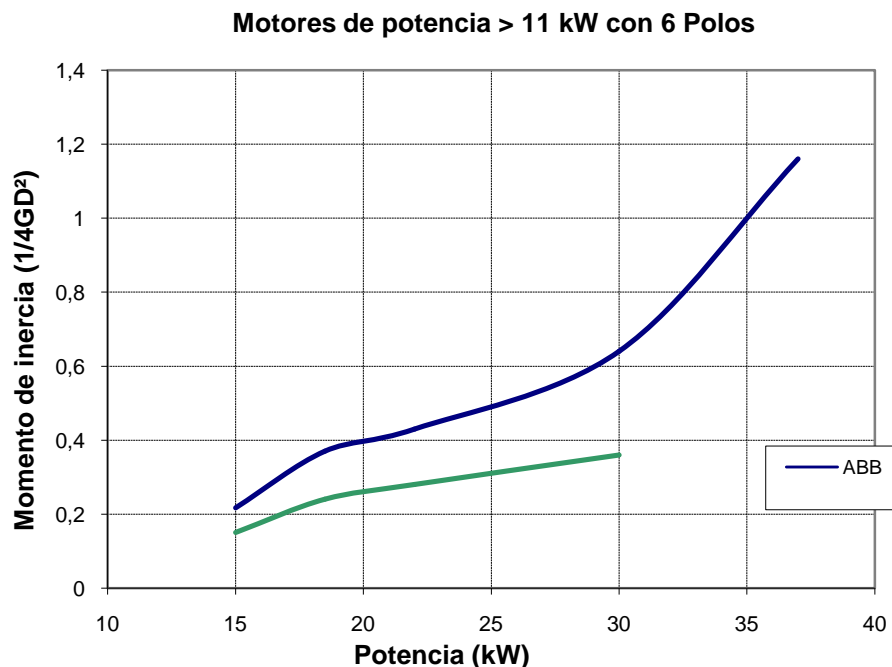


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0063 \cdot P^{1,2076}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETRES CIRCUIT EQUIVALENT

Evolución de R1 (Ω)

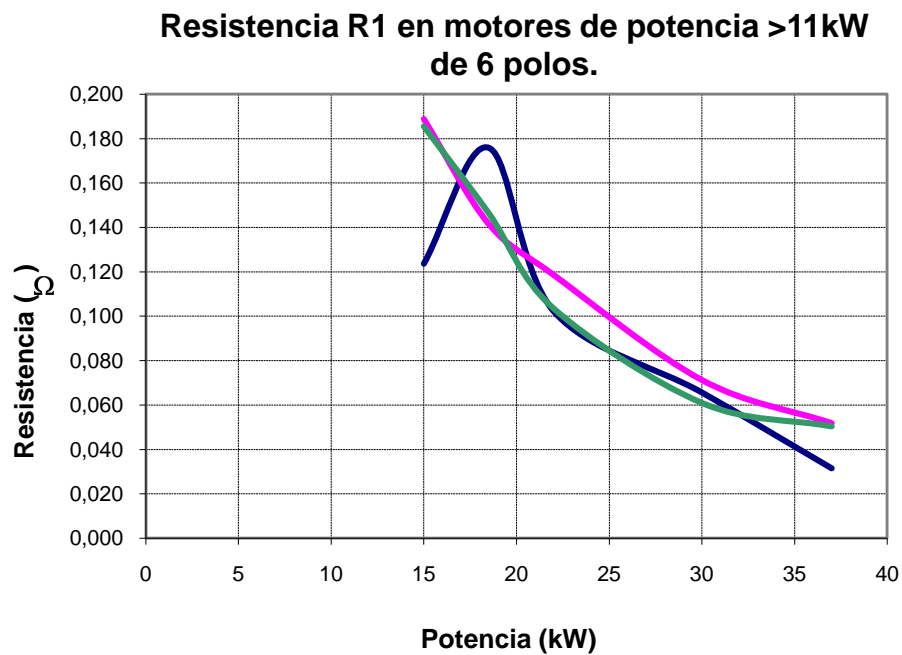


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 11,705 \cdot P^{-1,5235}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

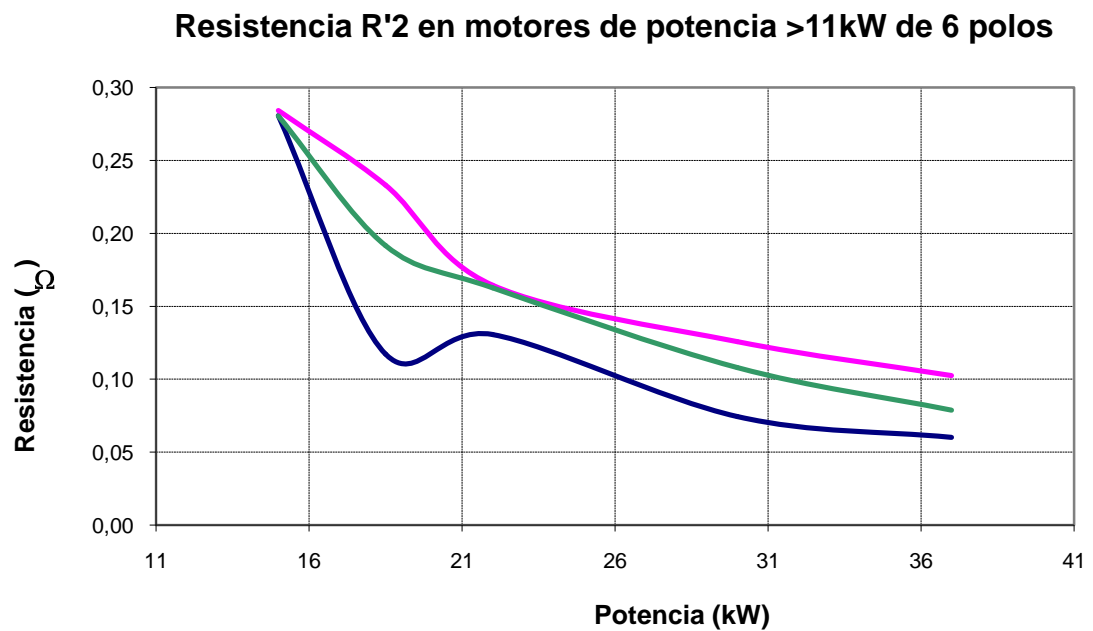


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 10,762 \cdot P^{-1,3598}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

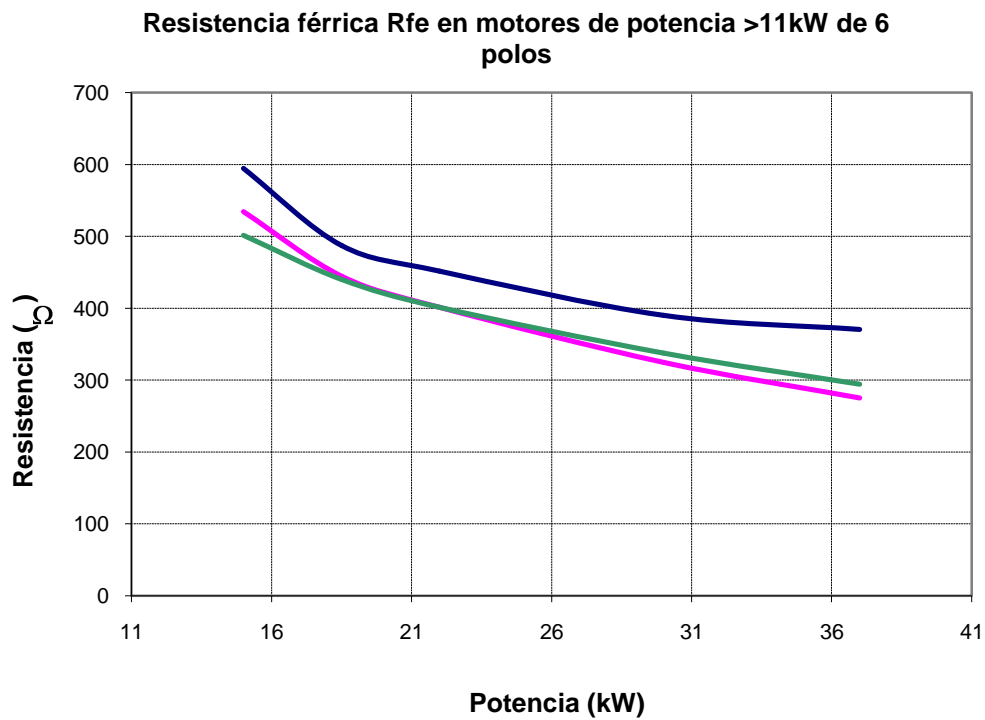


Figura 11: Evoluci3n de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 2412,3 \cdot P^{-0,5808}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evoluci3n de Xd1, X'd2 (Ω).

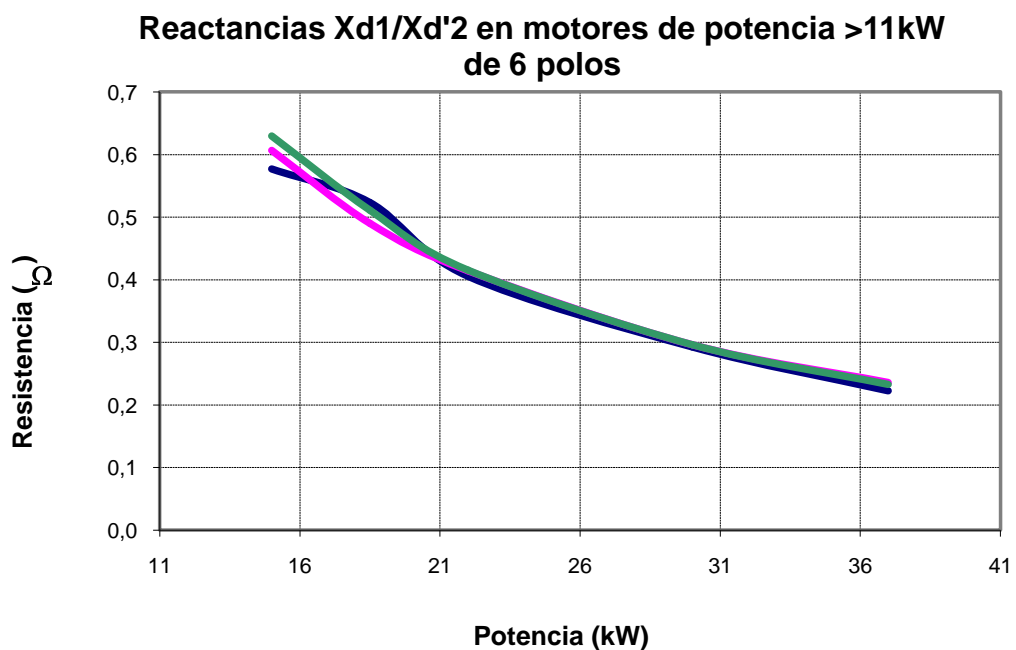


Figura 12: Evoluci3n de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 12,785 \cdot P^{-1,1081}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

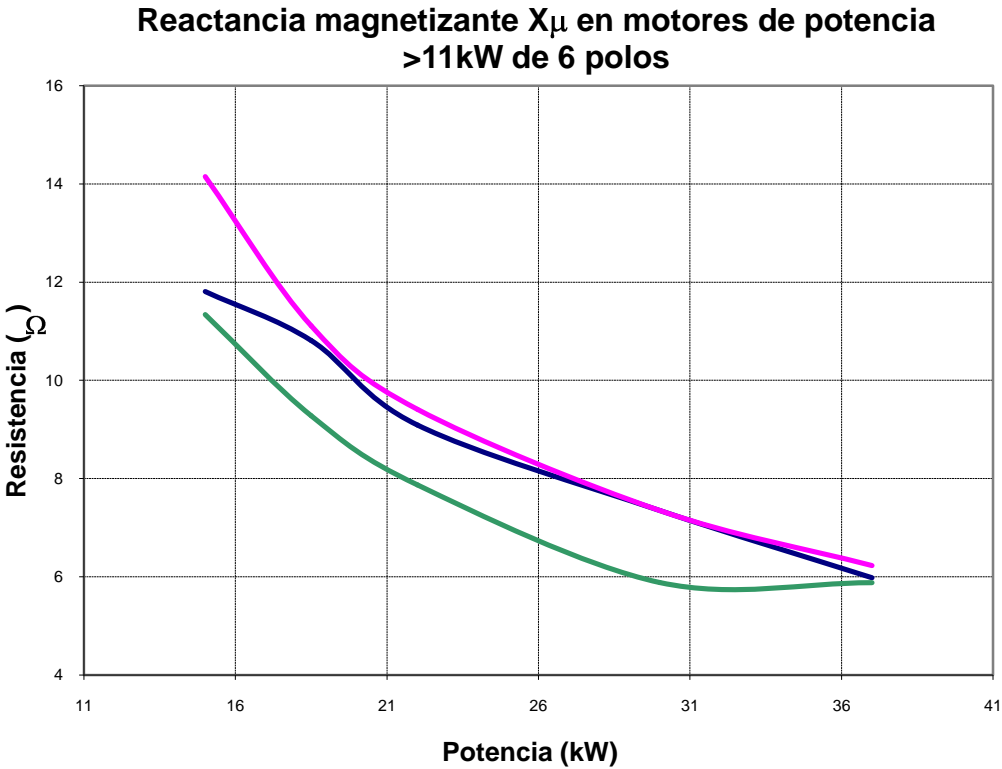
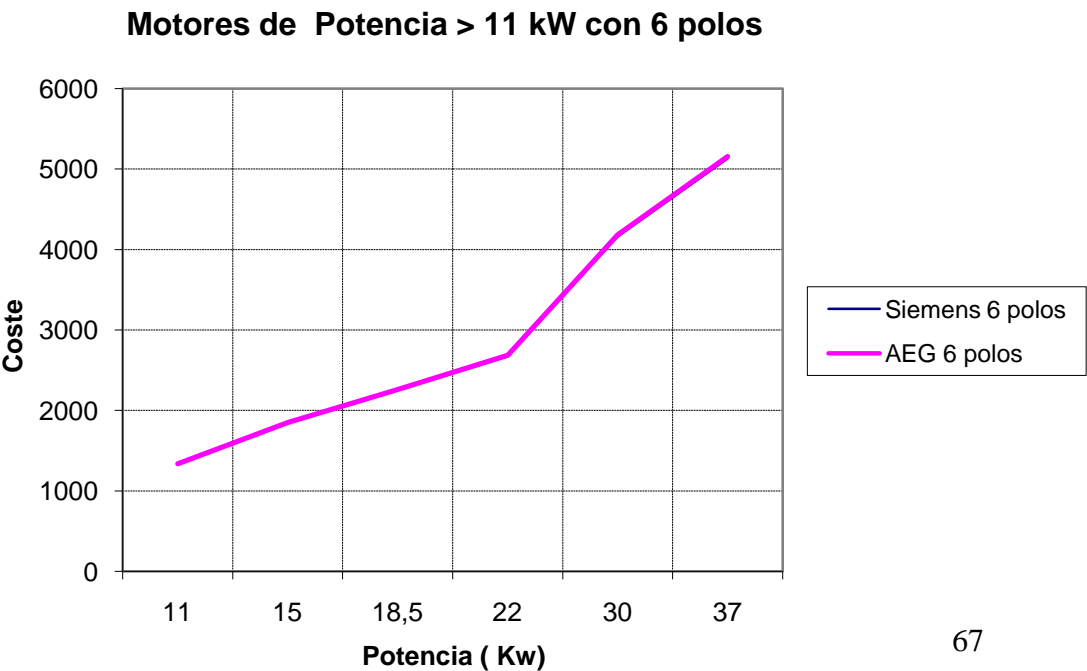


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 153,47 \cdot P^{-0,893}$$

X_μ en Ω y P en kW

Evolución del coste con la potenc



Motores de inducción de 8 polos de menos potencia de 1,1 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 8 polos y menor potencia de 1,1 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

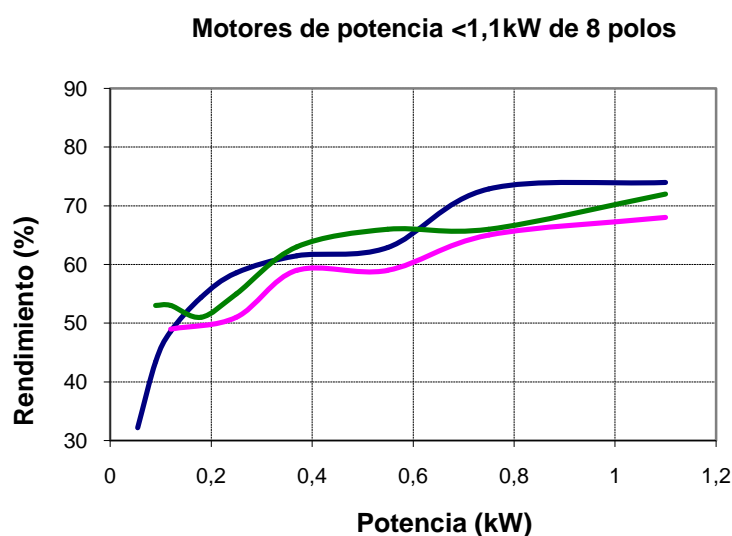


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 66,706 \cdot P^{0,1567} \quad \eta \text{ en \% y } P \text{ en Kw}$$

Evolución del factor de potencia con la potencia:

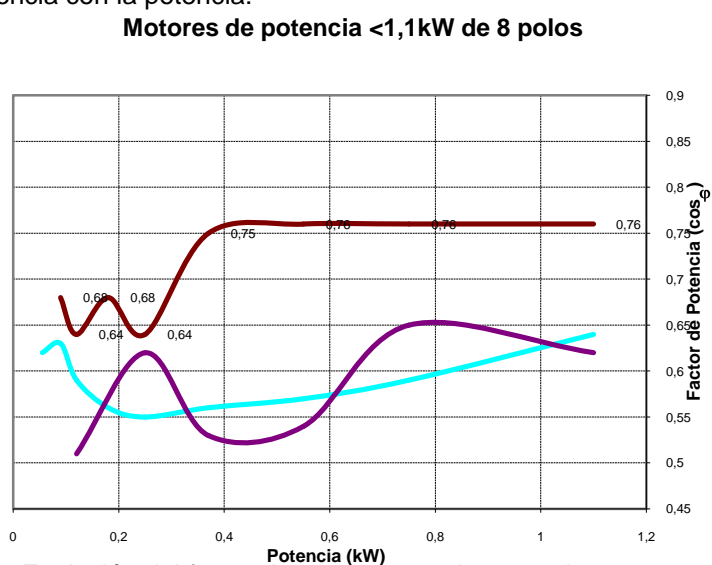


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,6168 \cdot P^{0,0779} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en kW}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

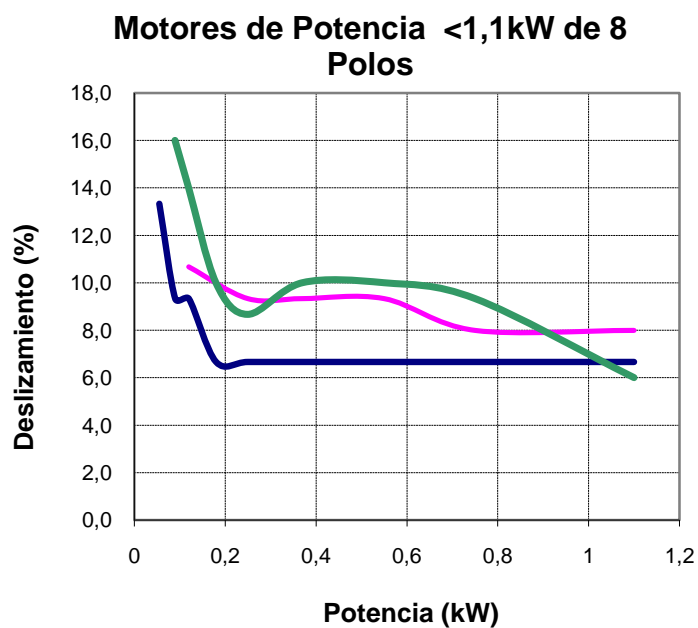


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 7,218 \cdot P^{-0,2859} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

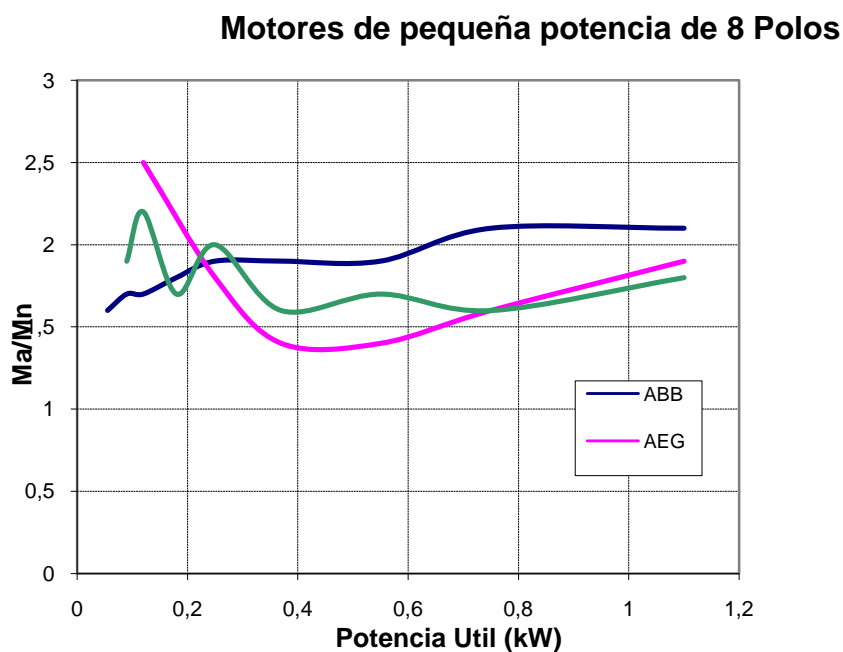


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 1,5204 \cdot P^{0,1465} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

Motores de pequeña potencia de 8 Polos

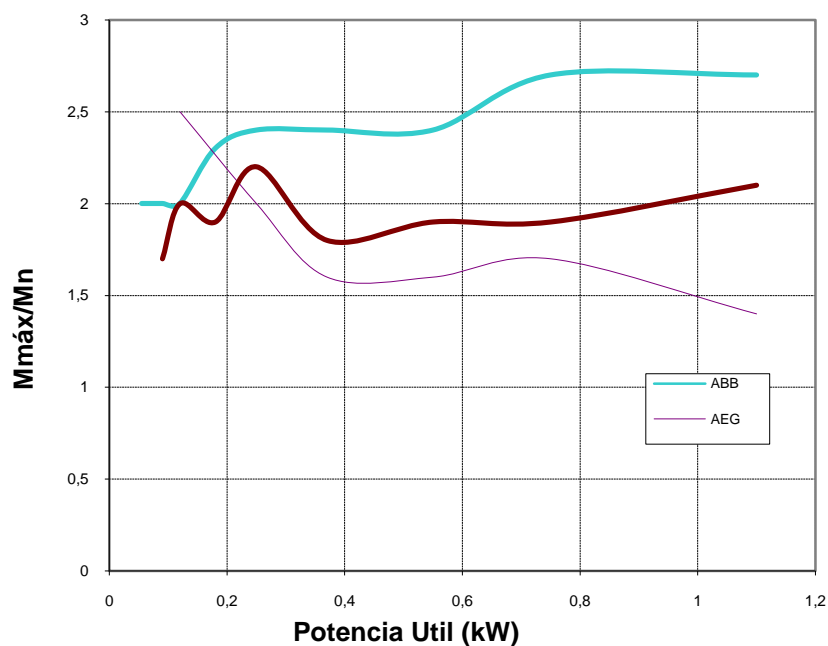


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 2,0054 \cdot P^{0,0318} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

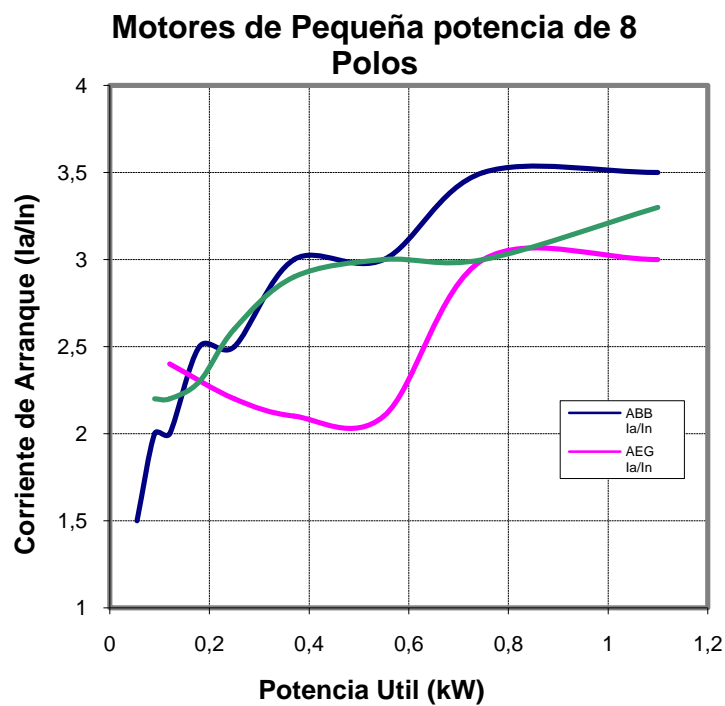


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 3,264 \cdot P^{0,1745} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

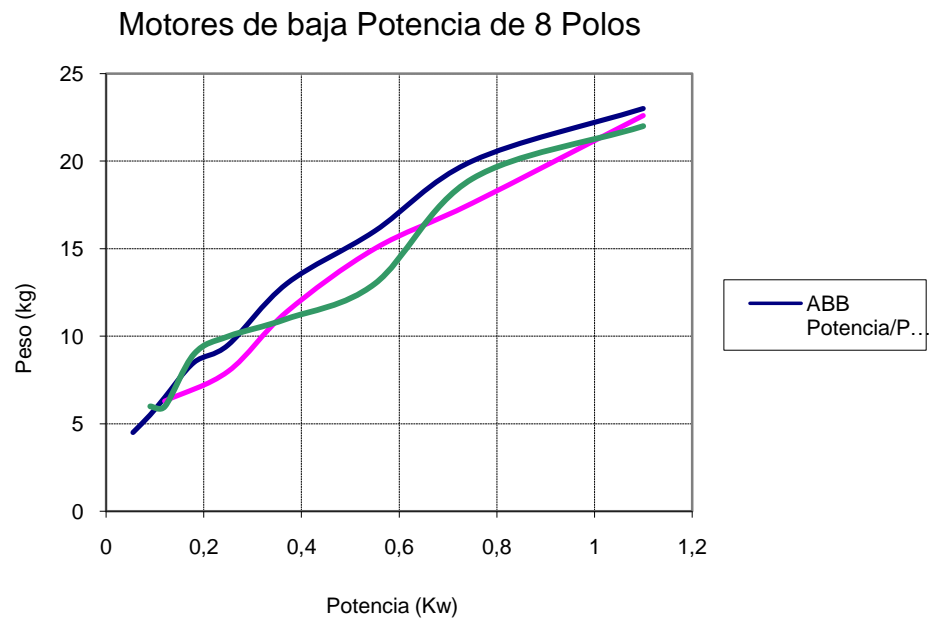


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 20,207 \cdot P^{0,5276}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

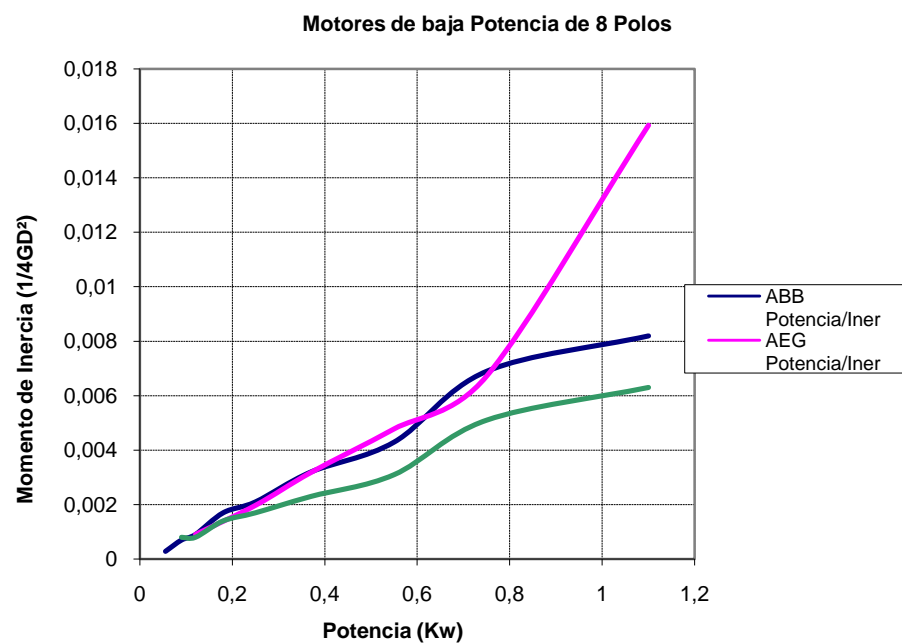


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0089 \cdot P^{1,0945}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETRES CIRCUIT EQUIVALENT (Motors 400 V, Eff2)

Evolución de R1 (Ω)

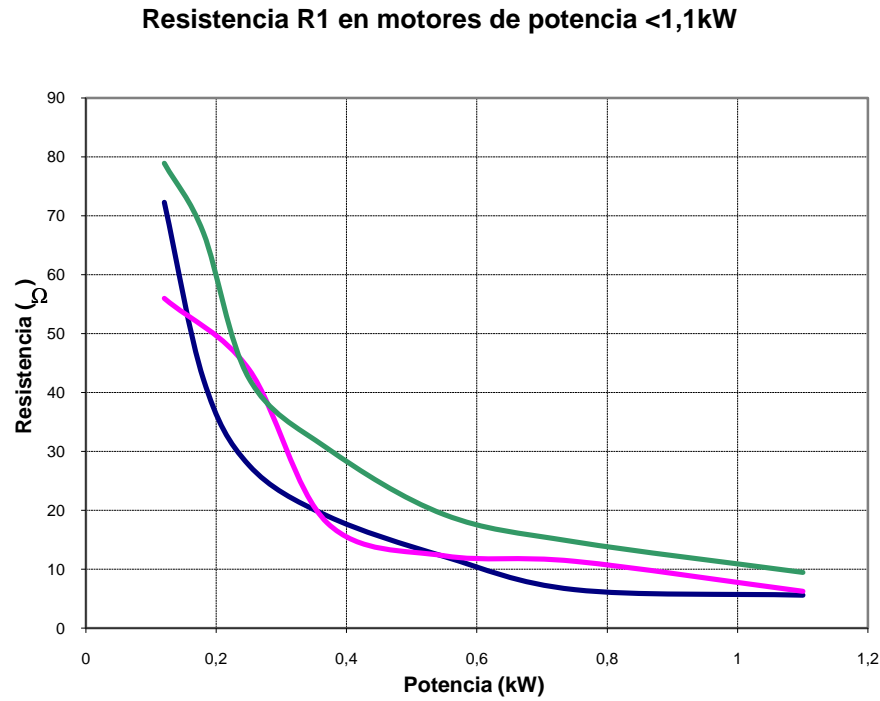


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 5,6118 \cdot P^{-1.1868}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

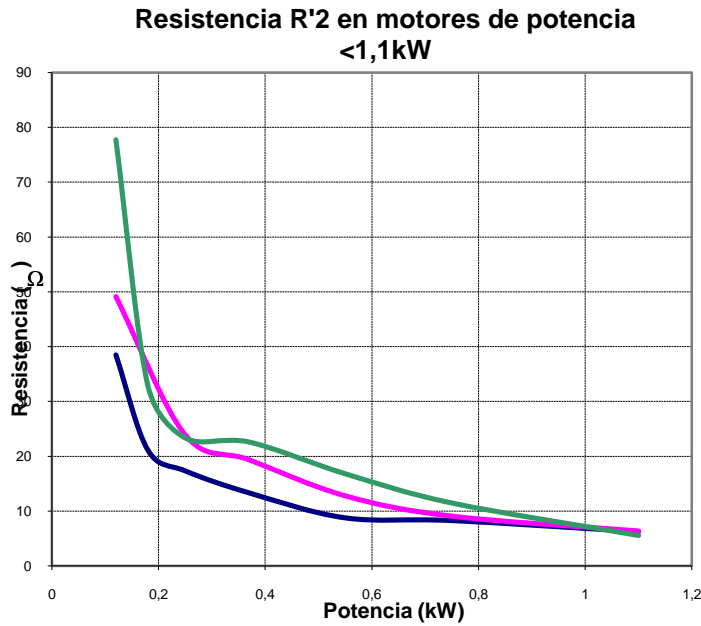


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 6,2026 \cdot P^{-0.7822}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

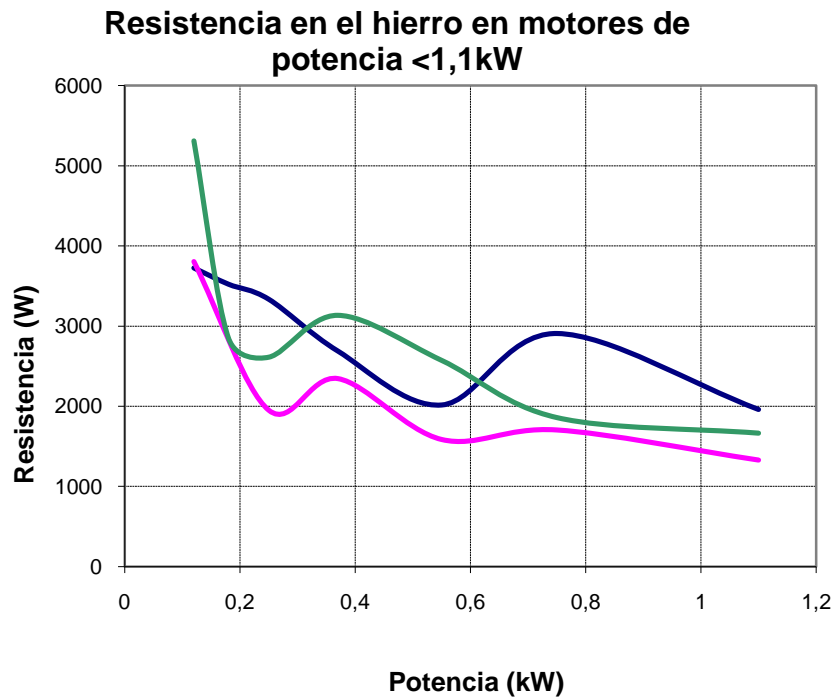


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 1754 \cdot P^{-0,4225}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

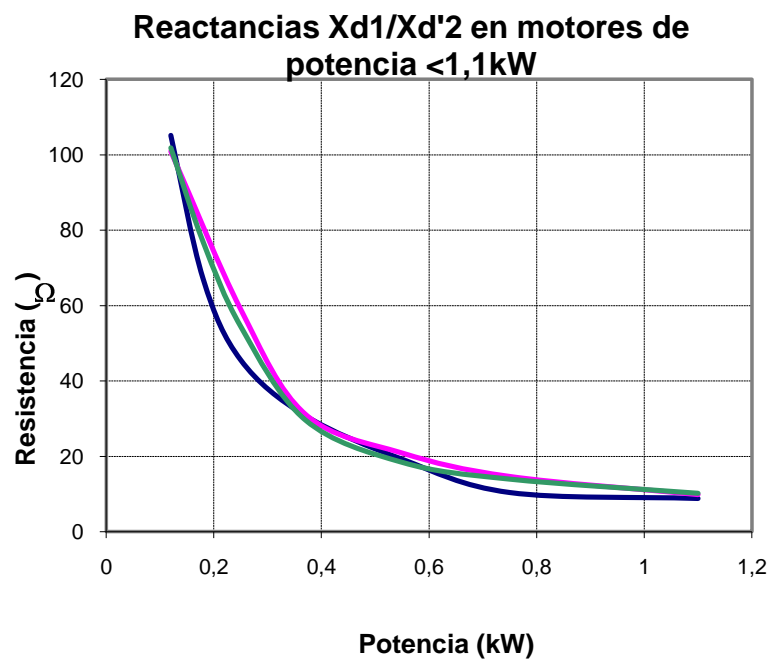


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 9.0438 \cdot P^{-1,1662}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

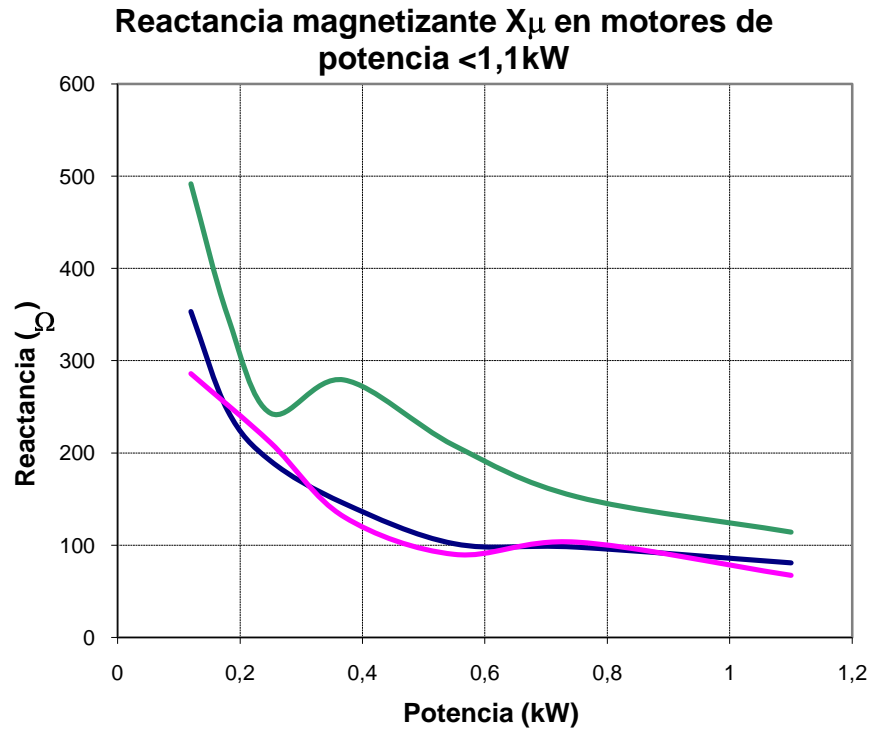
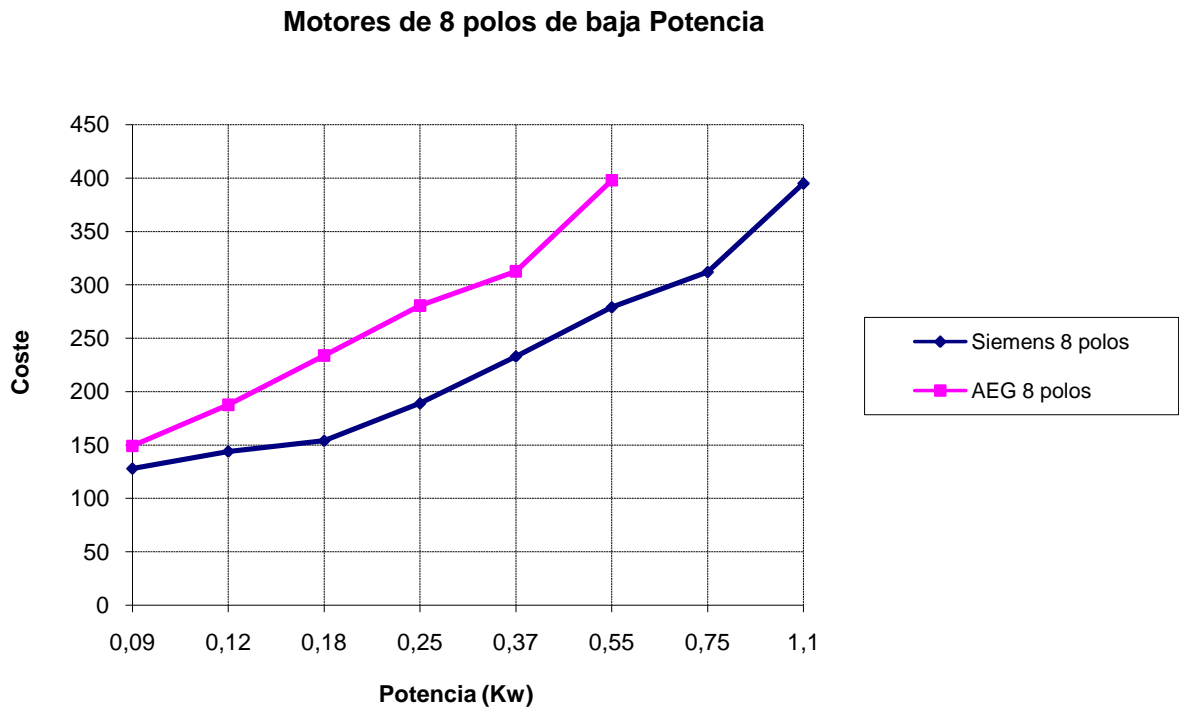


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 72,91 \cdot P^{-0,6606}$$

X_μ en Ω y P en kW

Evolución del coste con la potencia



Motores de inducción de 8 polos entre 1,1 y 11 kW

Datos recogidos a partir de catálogos de 3 fabricantes en motores de 8 polos y potencia entre 1,1 y 11 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

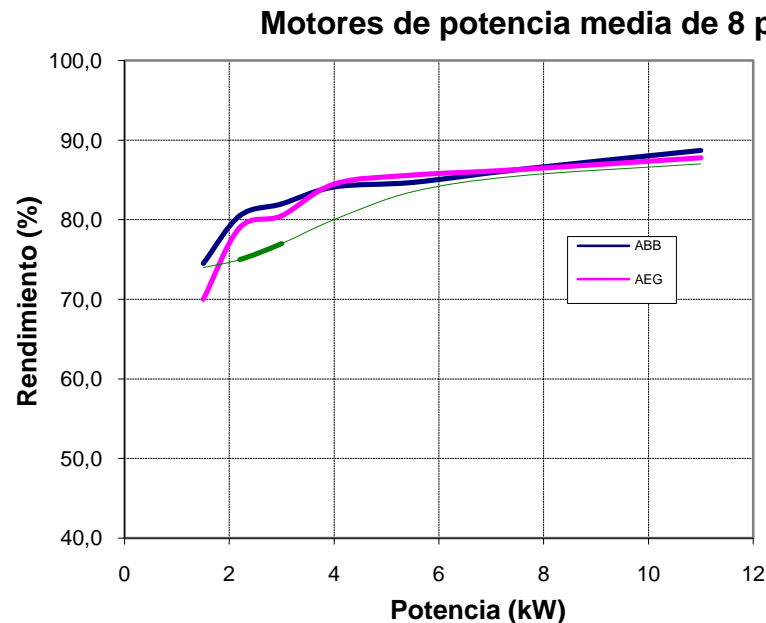


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 74,354 \cdot P^{0,0774} \quad \eta \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del factor de potencia con la potencia:

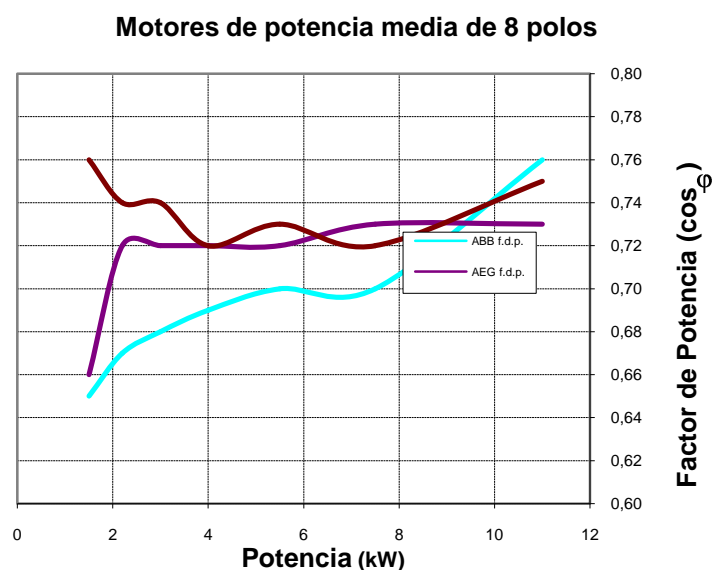


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia.

$$\cos \varphi = 0,749 \cdot P^{-0,0116} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en kW}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

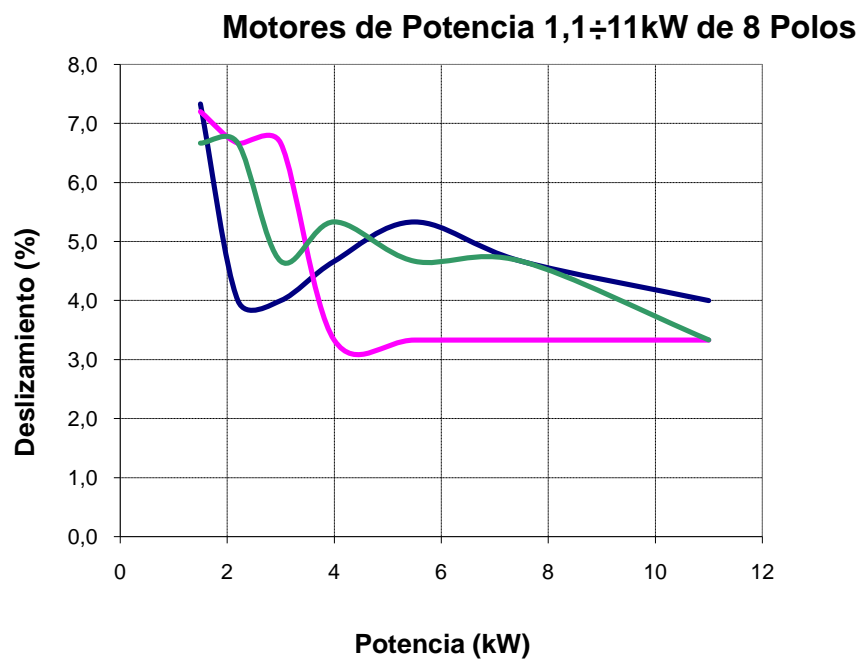


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 8,8609 \cdot P^{-0,4785} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

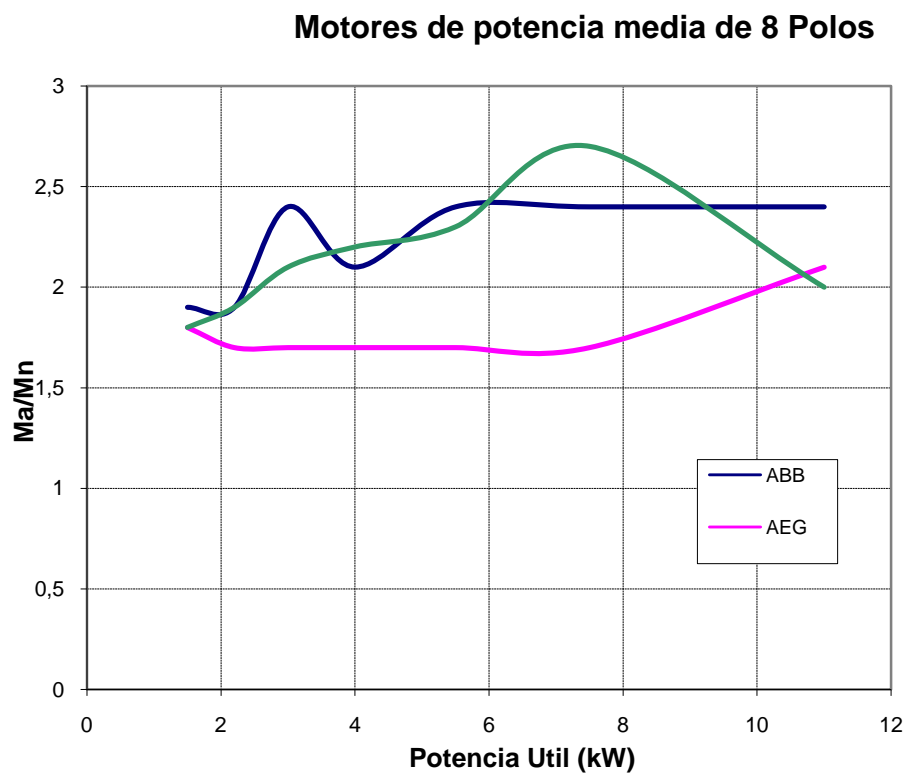


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 1,7998 \cdot P^{0,119} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

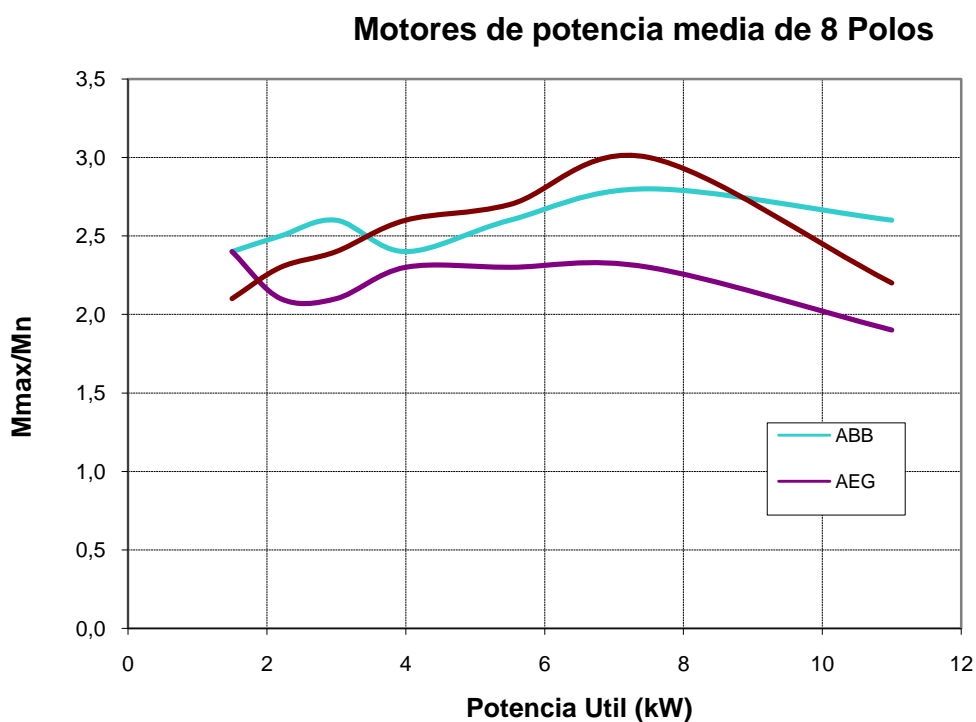


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 2,3766 \cdot P^{0,0514} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

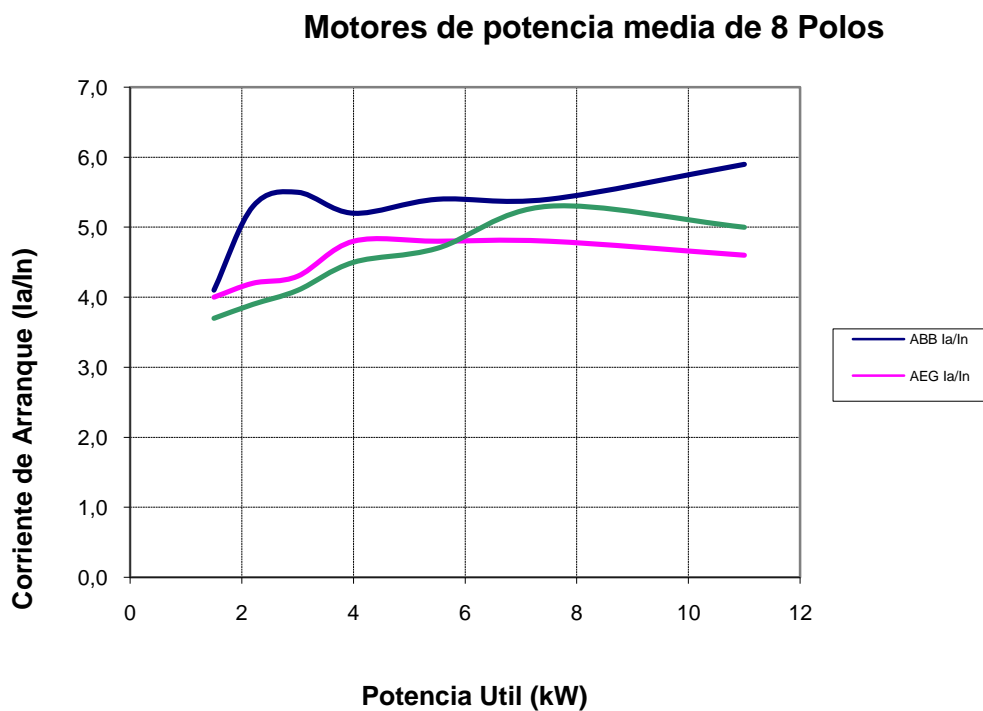


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 3,976 \cdot P^{0,0868} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

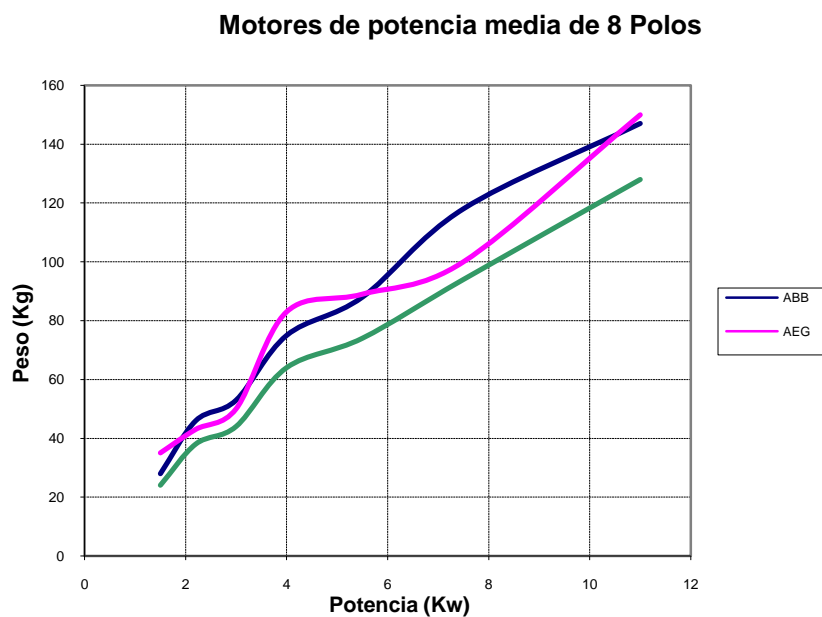


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 22,19 \cdot P^{0,8156}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

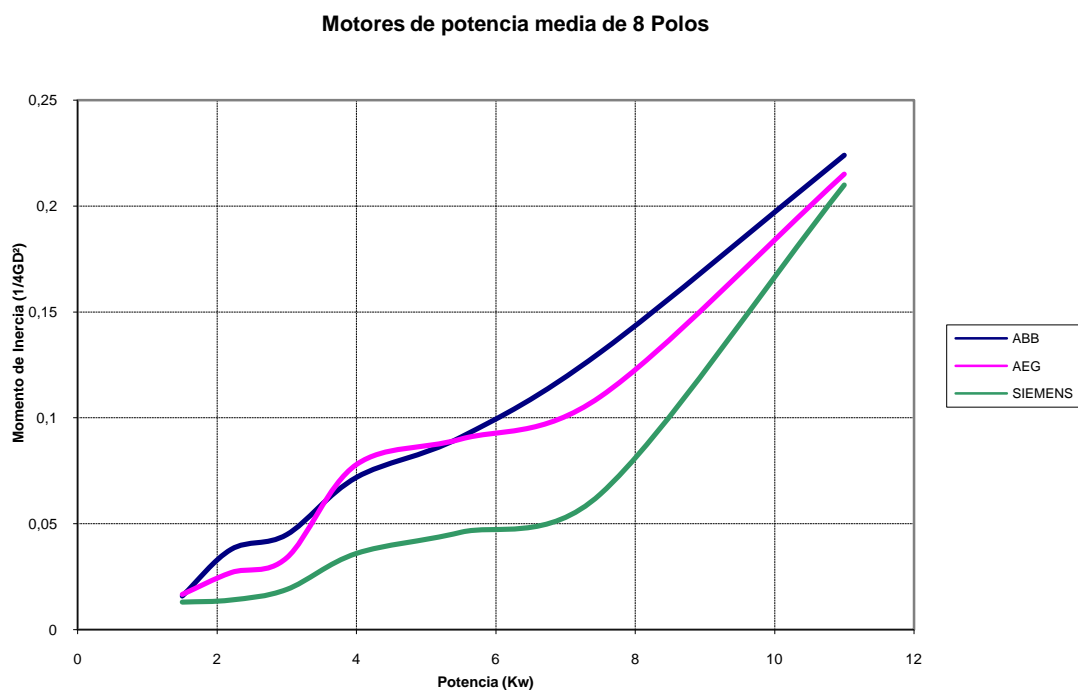


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0101 \cdot P^{1,266}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

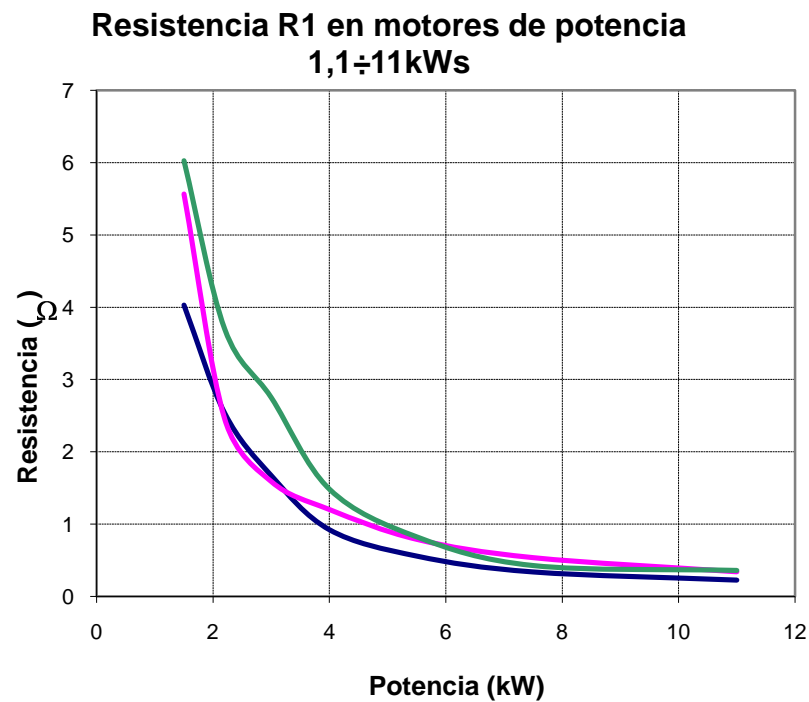


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 7,9241 \cdot P^{-1.5199}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

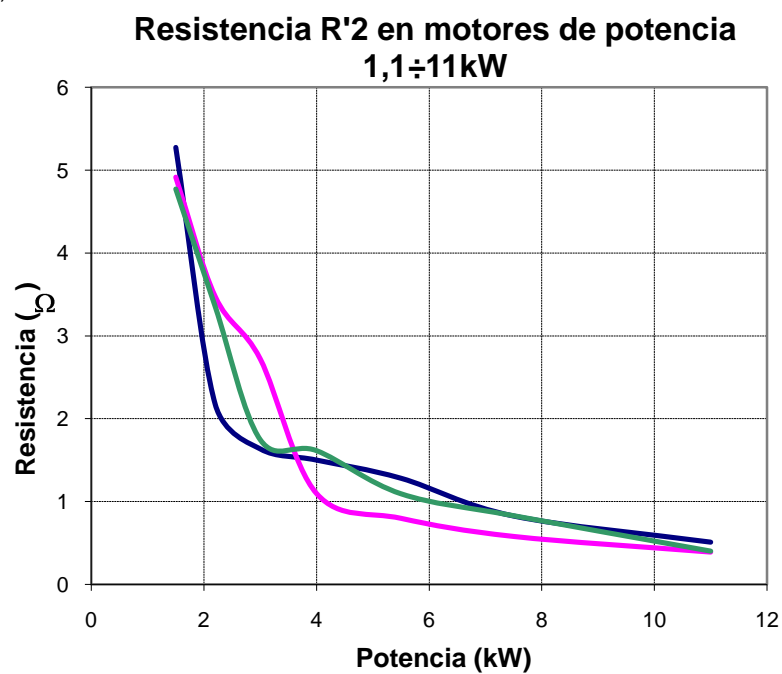


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 9,2645 \cdot P^{-1.3624}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

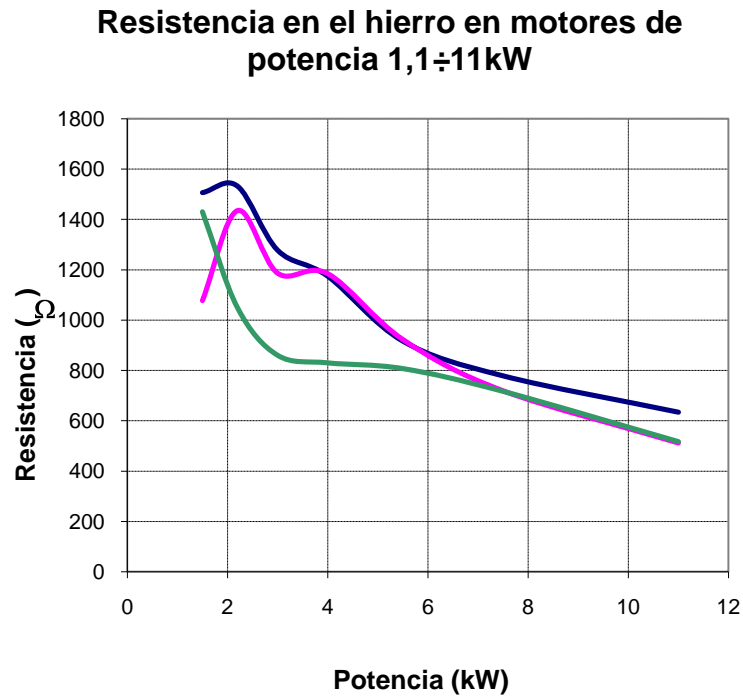


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 2065,6 \cdot P^{-0,4728}$$

Rfe en Ω y P en Kw

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

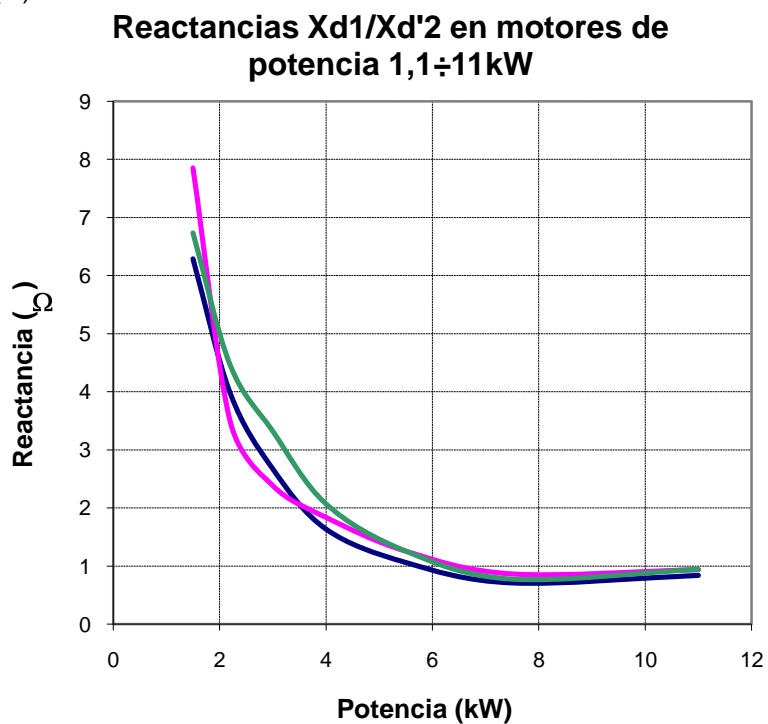


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 9.0825 \cdot P^{-1,144}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en kW

Evolución de X_μ (Ω).

Reactancia magnetizante X_μ en motores de potencia 1,1÷11kW de 8 polos

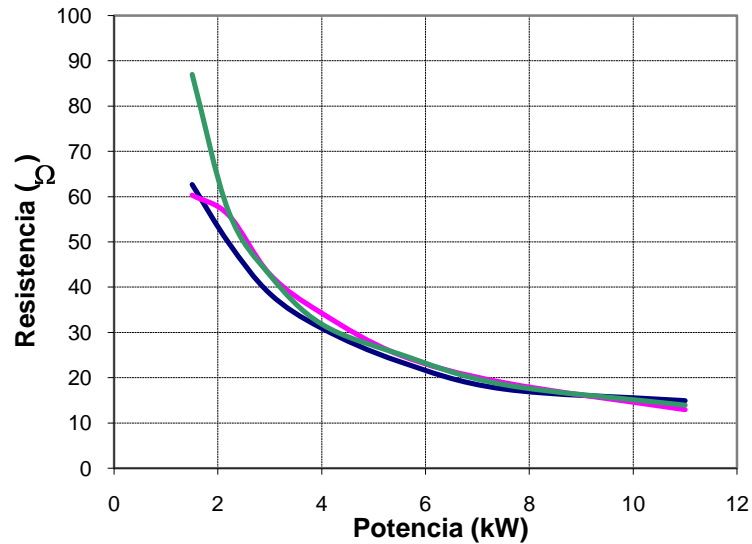
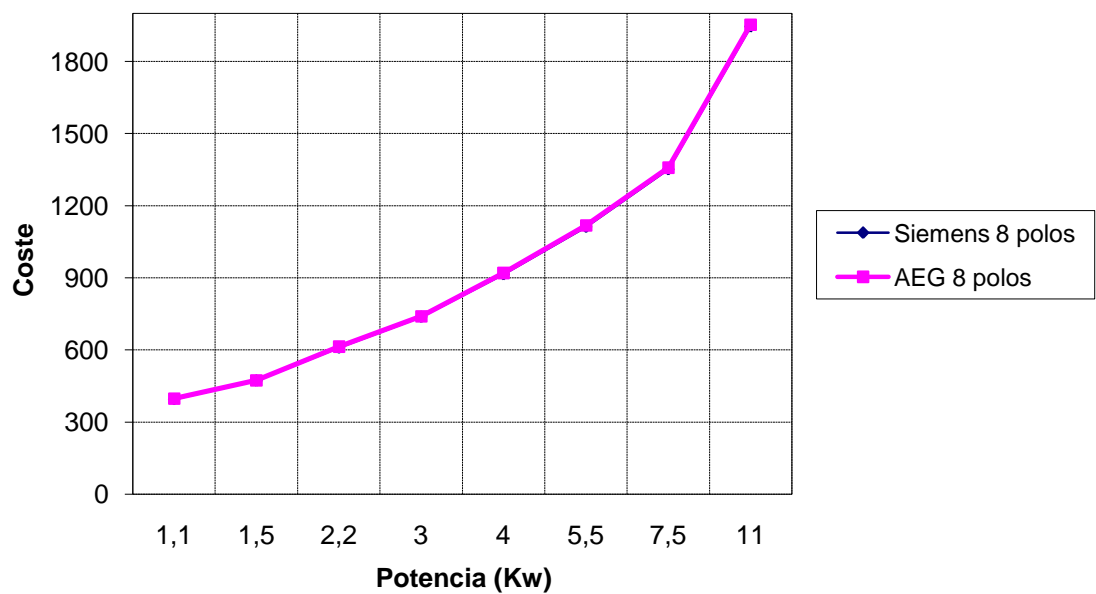


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 87,503 \cdot P^{-0,7603} \quad X_\mu \text{ en } \Omega \text{ y } P \text{ en kW}$$

Evolución del coste con la potencia:

Motores de 8 Polos de Potencia media



Motores de inducción de 8 polos y de más 11 kW Potencia.

Datos recogidos a partir de catálogos de 2 fabricantes en motores de 8 polos y de más de 11 kW.

Se han parametrizado también los elementos del circuito equivalente por fase en régimen permanente.

1.- Datos de catálogo

Evolución del rendimiento con la potencia:

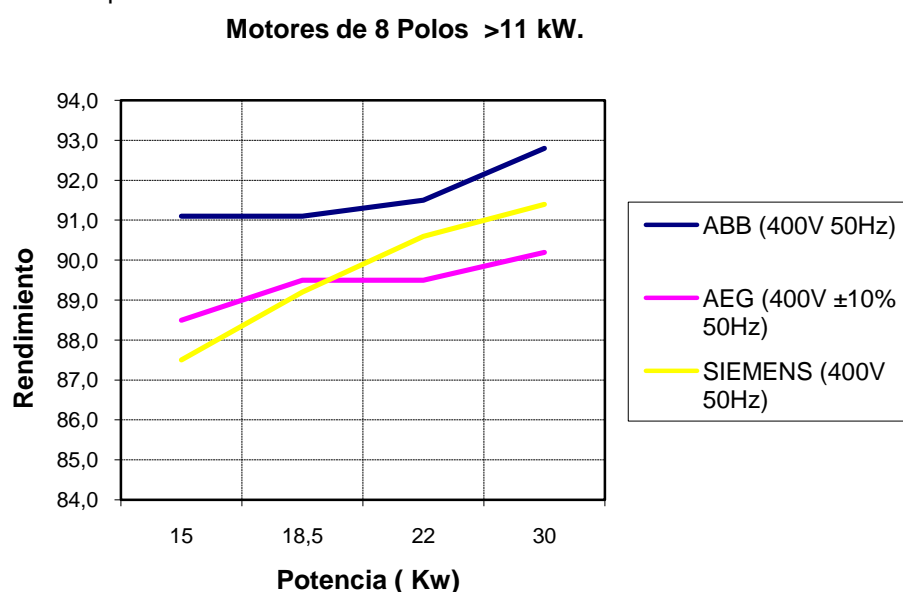


Figura 1: Evolución del rendimiento con la potencia.

$$\eta = 88,54 \cdot P^{0,0125} \quad \eta \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del factor de potencia con la potencia:

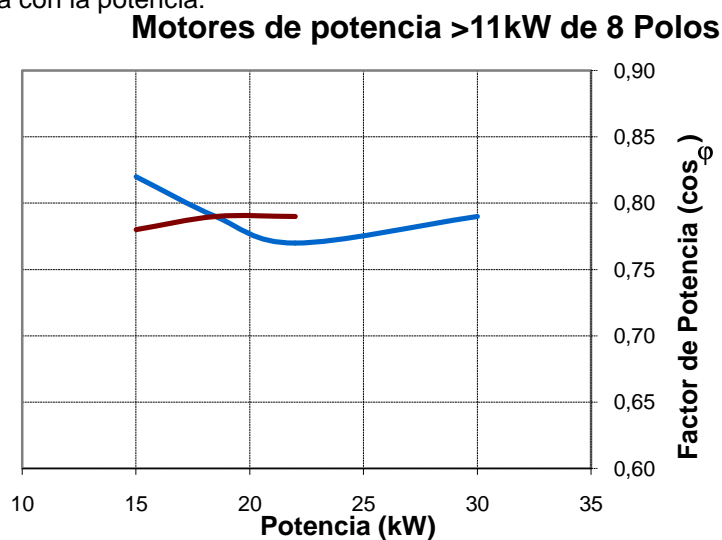


Figura 2: Evolución del factor de potencia con la potencia

$$\cos \varphi = 0,7122 \cdot P^{0,0342} \quad \cos \varphi \text{ en pu y } P \text{ en Kw}$$

Evolución del deslizamiento con la potencia:

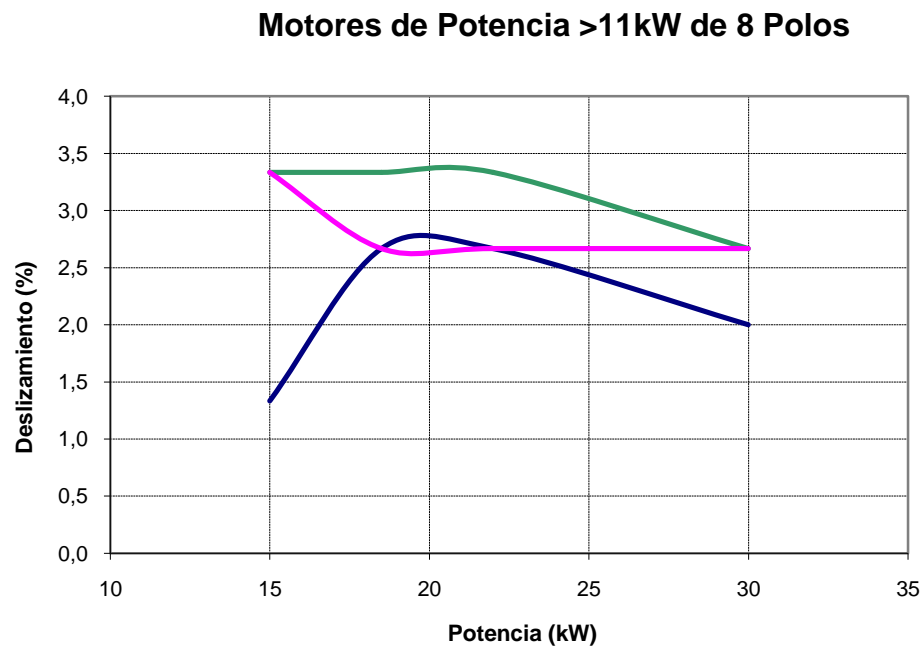


Figura 3: Evolución del deslizamiento con la potencia.

$$s = 8,356 \cdot P^{-0,3218} \quad s \text{ en \% y } P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ma/Mn con la potencia:

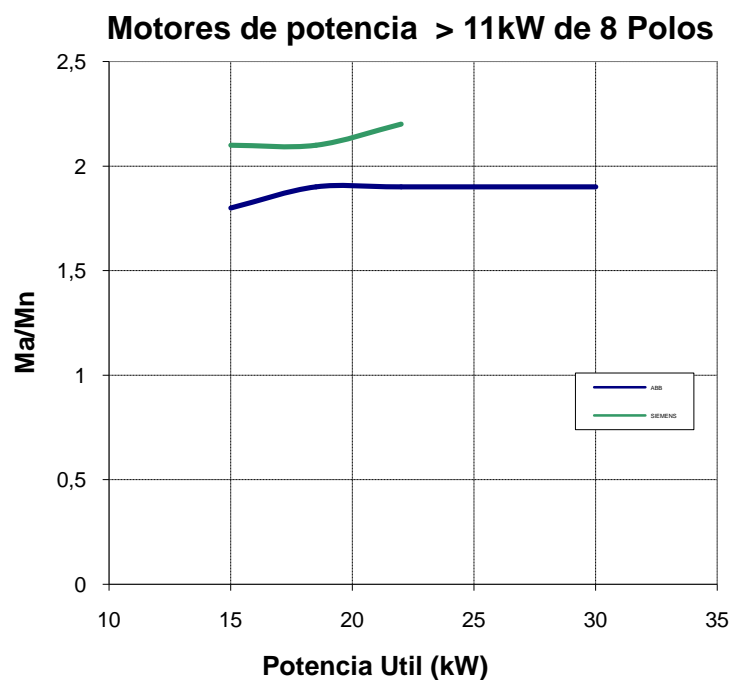


Figura 4: Evolución del Ma/Mn con la potencia.

$$Ma/Mn = 1,5281 \cdot P^{0,0674} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Mmax/Mn con la potencia:

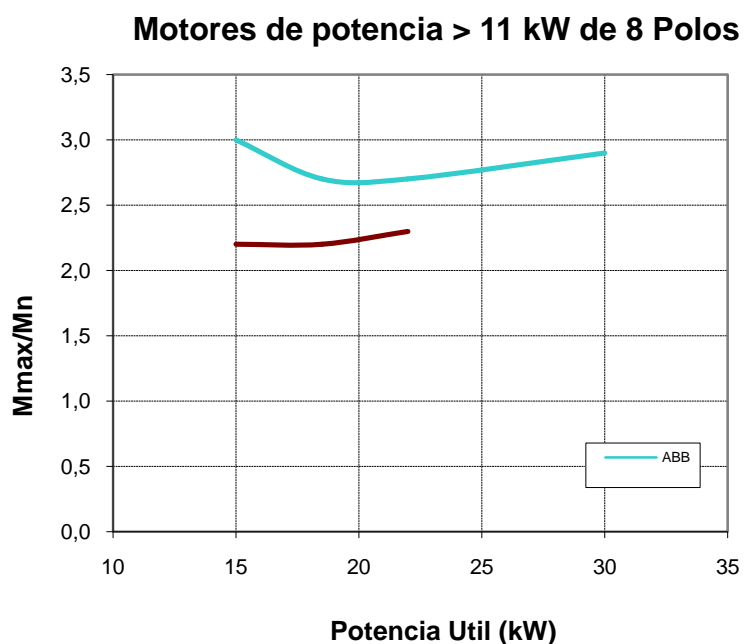


Figura 5: Evolución del Mmax/Mn con la potencia.

$$M_{\max}/M_n = 3,0752 \cdot P^{-0,0284} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del ratio Ia/In con la potencia:

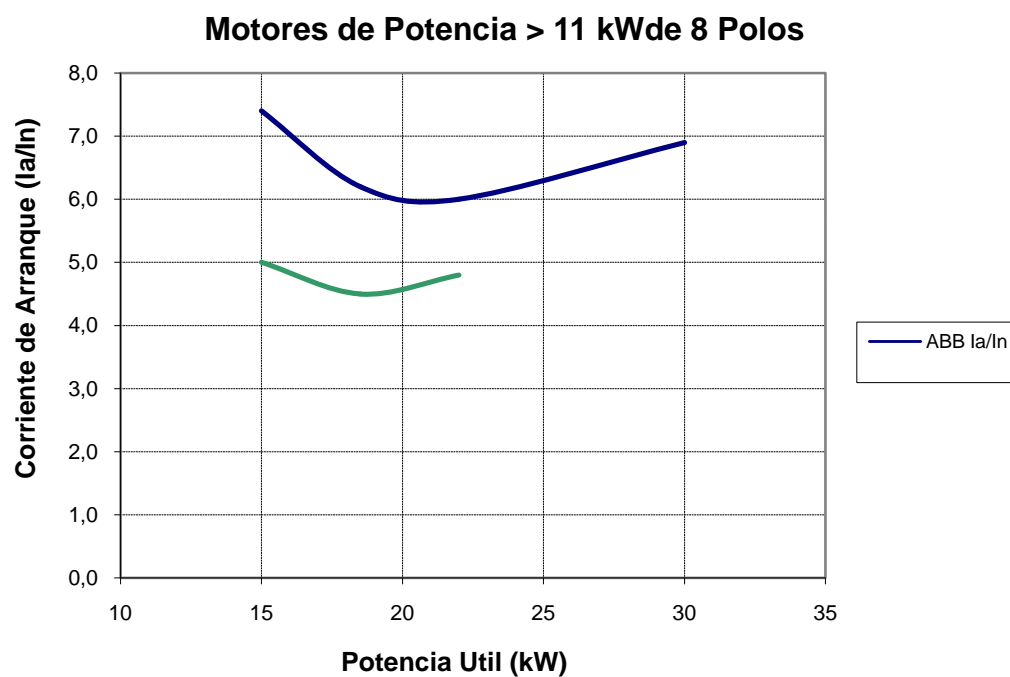


Figura 6: Evolución de Ia/In con la potencia.

$$I_a/I_n = 8,2666 \cdot P^{-0,0742} \quad P \text{ en kW}$$

Evolución del peso con la potencia:

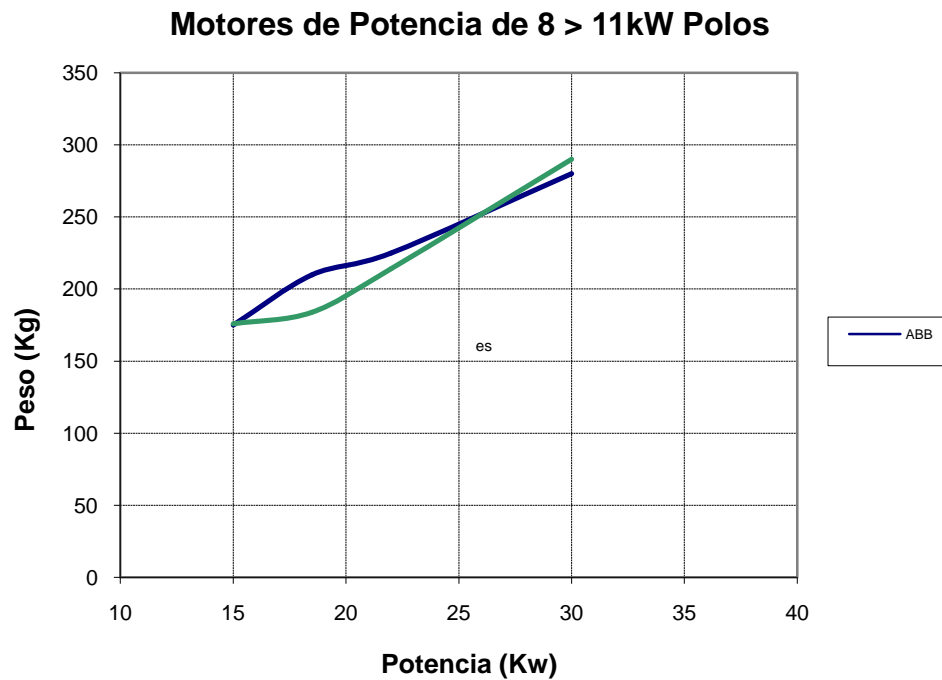


Figura 7: Evolución del peso con la potencia.

$$\text{Peso} = 29,821 \cdot P^{0,6587}$$

Peso en kg y P en kW

Evolución del momento de inercia con la potencia:

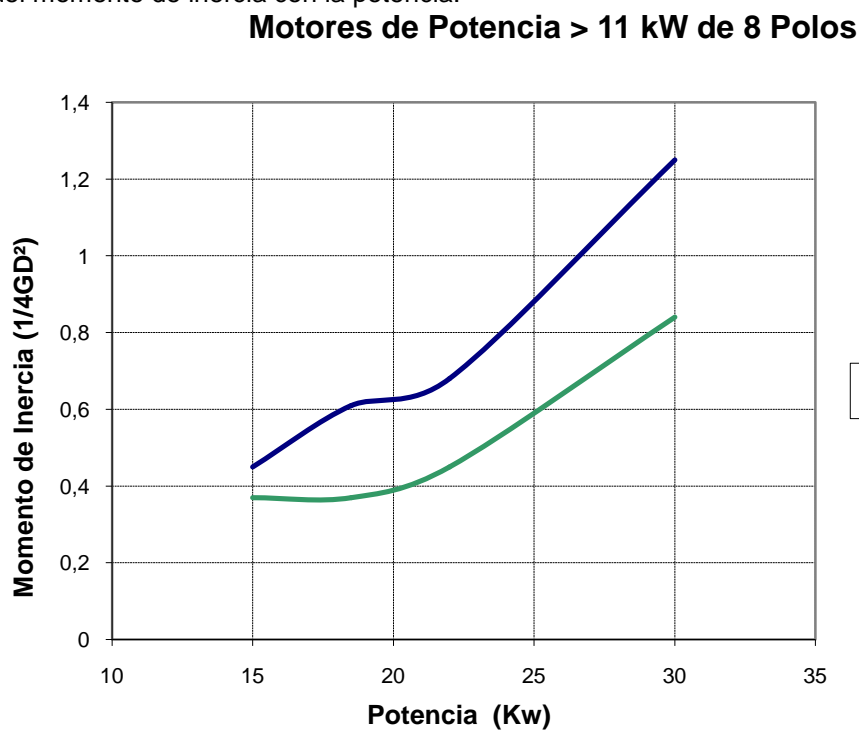


Figura 8: Evolución del momento de inercia con la potencia.

$$J = 0,0115 \cdot P^{1,229}$$

J en kgm² y P en kW

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Evolución de R1 (Ω)

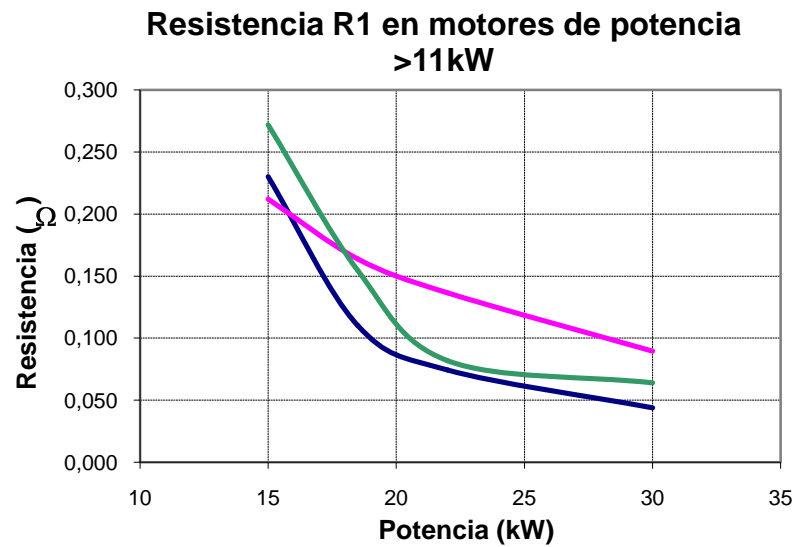


Figura 9: Evolución de R1 con la potencia.

$$R1 = 6,0444 \cdot P^{-1,2344}$$

R1 en Ω y P en kW

Evolución de R'2 (Ω),

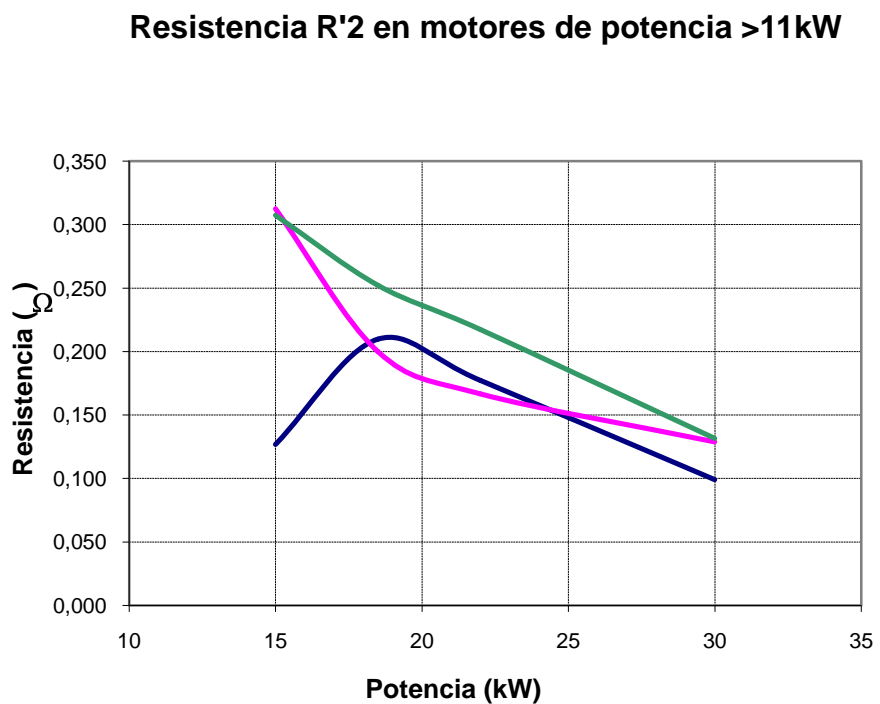


Figura 10: Evolución de R'2 con la potencia.

$$R'2 = 8,7541 \cdot P^{-1,2204}$$

R'2 en Ω y P en kW

Evolución de Rfe (Ω).

Resistencia en el hierro en motores de potencia >11kW

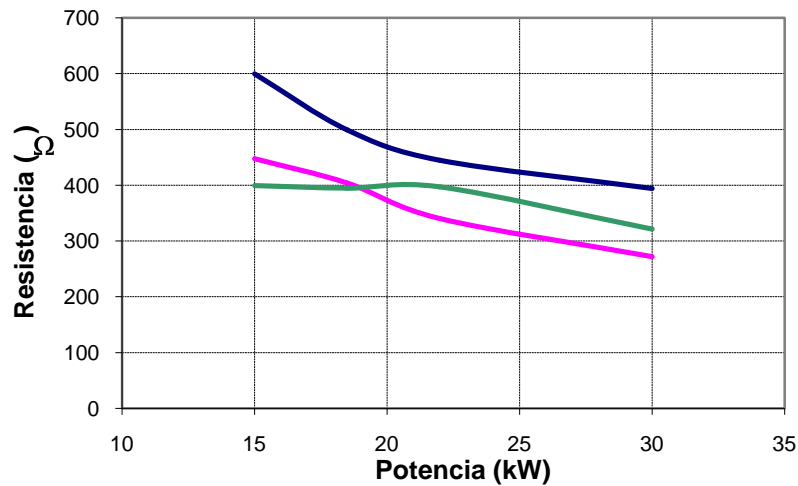


Figura 11: Evolución de Rfe con la potencia.

$$R_{fe} = 2918,7 \cdot P^{-0,5969}$$

Rfe en Ω y P en kW

Evolución de Xd1, X'd2 (Ω).

Reactancias Xd1/Xd'2 en motores de potencia >11kW de 8 polos

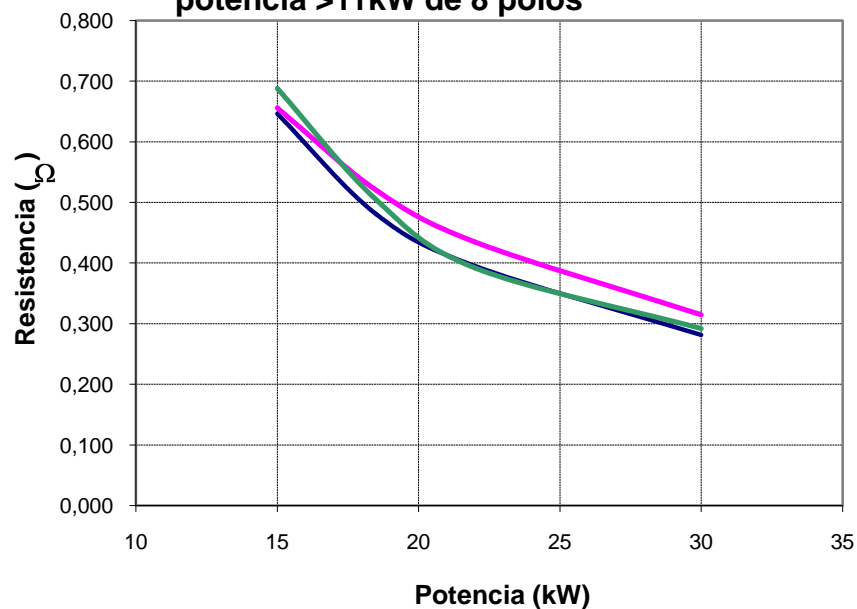


Figura 12: Evolución de Xd1, X'd2 con la potencia.

$$X_{d1}, X'_{d2} = 15.682 \cdot P^{-1,1863}$$

Xd1, X'd2 en Ω y P en k

Evolución de X_μ (Ω).

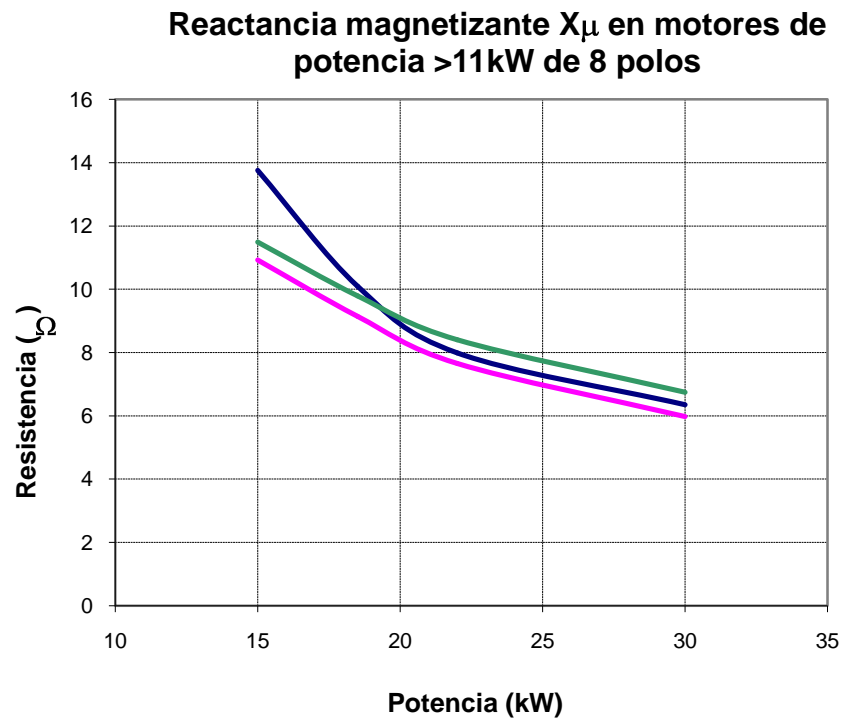
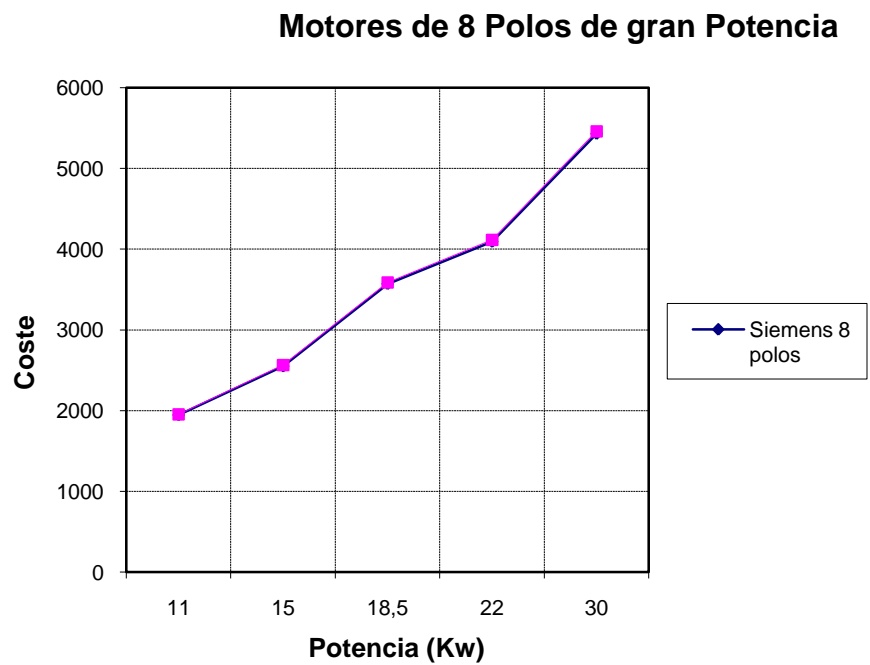


Figura 13: Evolución de X_μ con la potencia.

$$X_\mu = 264,12 \cdot P^{-1,1096}$$

X_μ en Ω y P en kW

Evolución del coste con la potencia:



ANEXO II

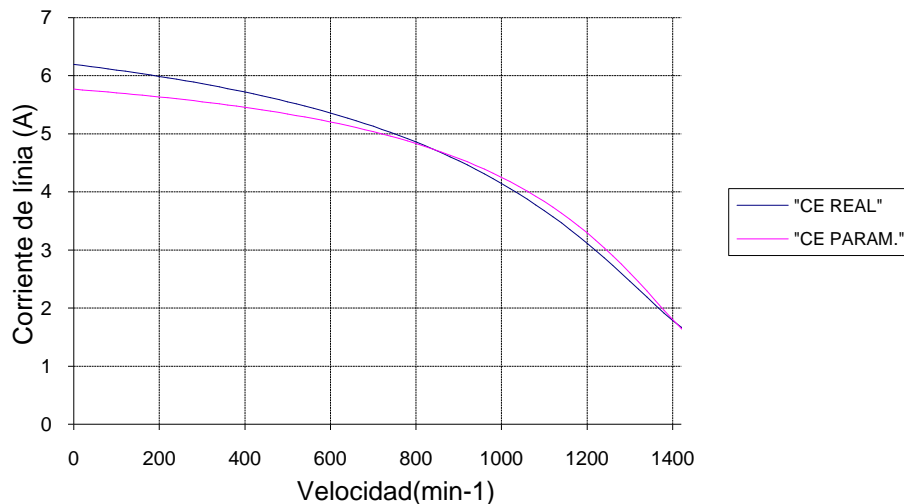
**Resultados obtenidos en los diferentes motores
analizados.**

SIEMENS 370W.

Este motor tiene una potencia de 370W en conexión triángulo con una tensión de fase de 230V y una corriente de fase de 1,19(A), con una velocidad nominal de 1370 y un factor de potencia 0,67 con 4 polos.

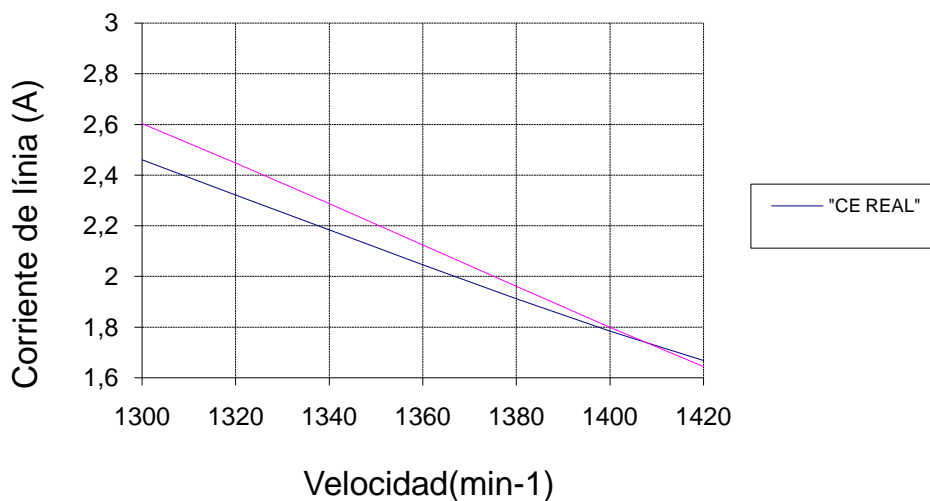
1. Corriente de Línea – Velocidad.

Corriente de línea - velocidad.
Motor SIEMENS 370W.

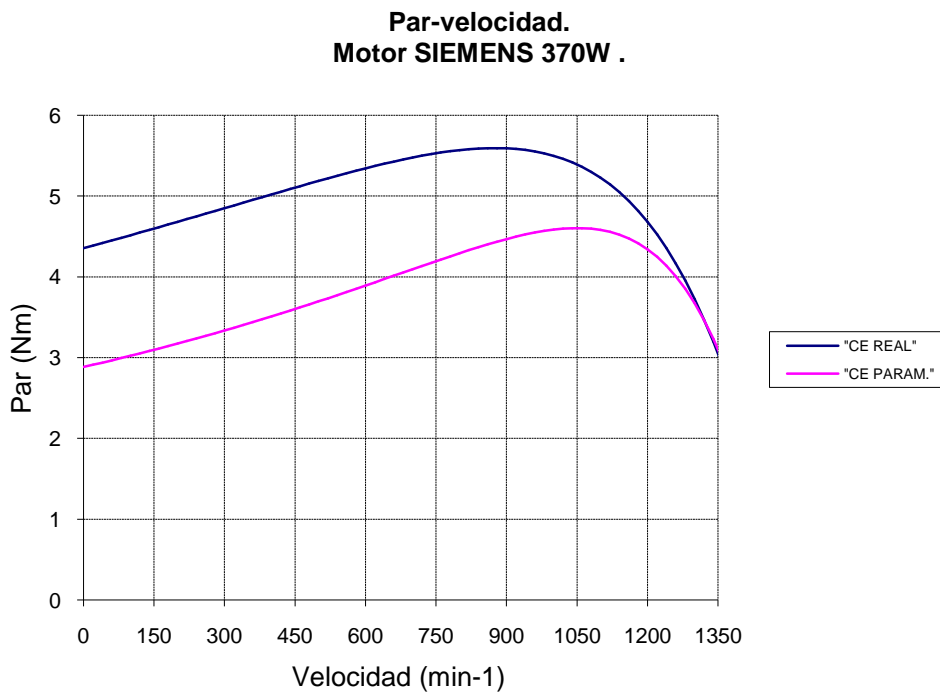


En esta grafica observamos como los dos circuitos equivalentes se comportan igual aunque el circuito equivalente real necesita un poco más de corriente de arranque pero la diferencia es casi inapreciable. Si miramos la grafica podemos ver que tienen un punto en común cuando los dos circuitos tienen una velocidad de unos 800 min^{-1} , pero no hay muchas diferencias entre las dos funciones.

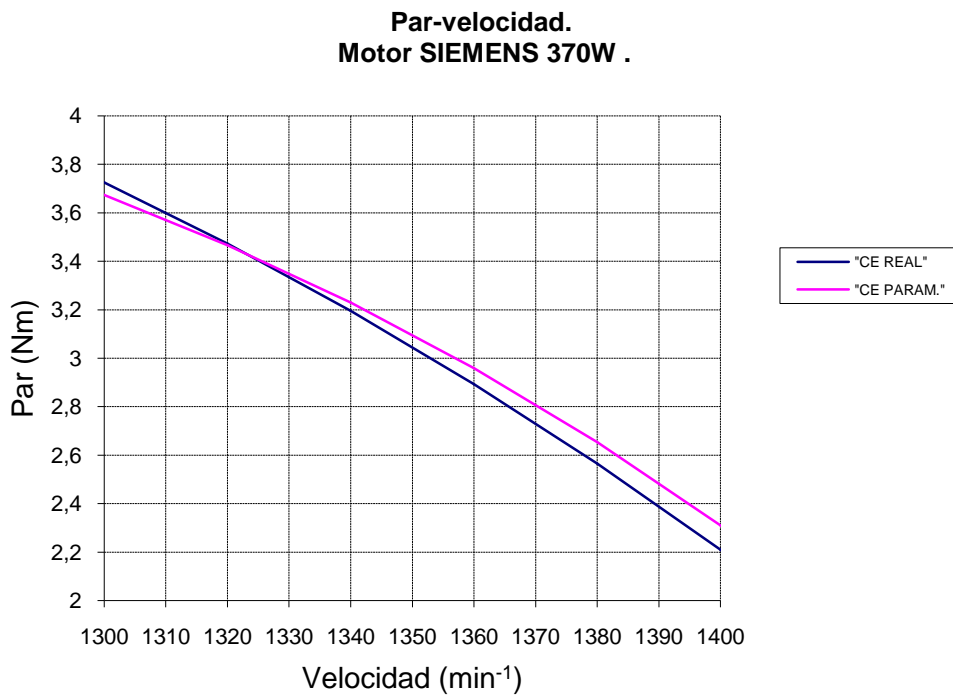
Corriente de línea - velocidad.
Motor SIEMENS 370W.



2. Par - Velocidad.

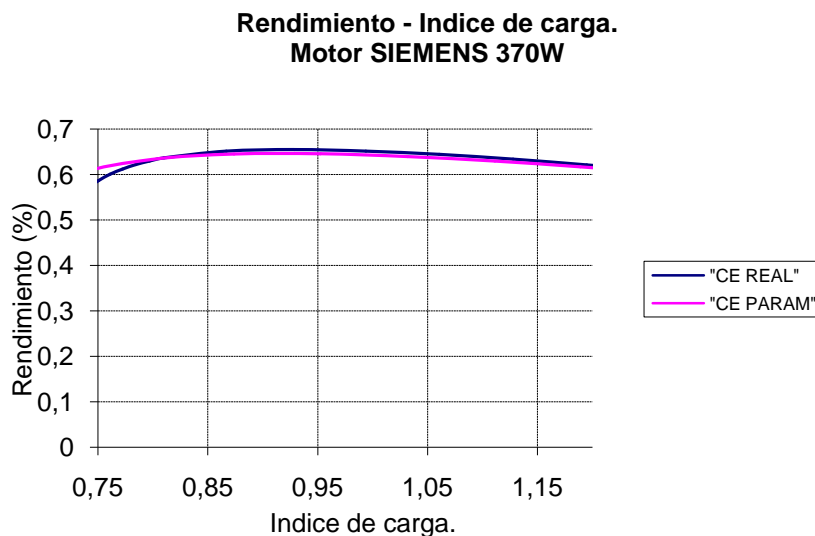


Si observamos la grafica podemos ver que tanto en una curva como en la otra es casi lineal entre vacío y plena carga. El par de arranque en el circuito equivalente real es casi el doble que en el circuito equivalente parametrizado. El par máximo en la curva del circuito equivalente real es un menor que en la curva del circuito equivalente parametrizado.



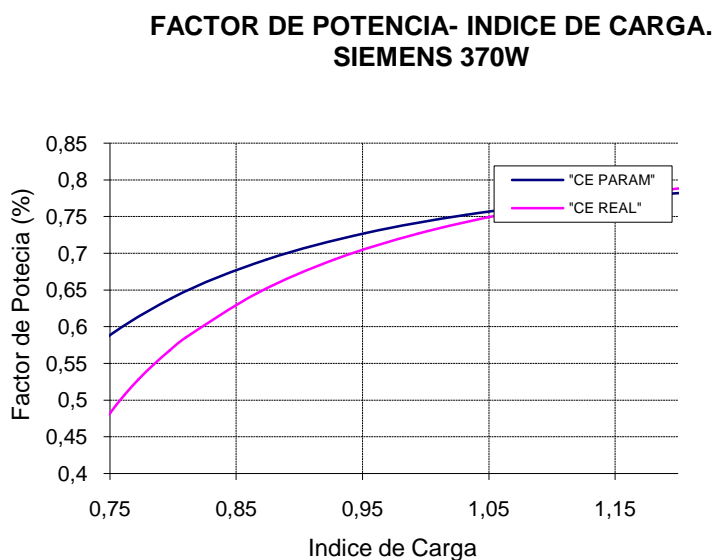
Si observamos las dos funciones se puede deducir que la curva del circuito equivalente parametrizado es un poco desplazada como unos 200 min⁻¹ respecto de la del circuito equivalente real. Cuando obtenemos una velocidad de unos 1200 min⁻¹ los dos circuitos que comportan igual.

3. Rendimiento – Índice de carga



En esta grafica podemos observar que los dos circuitos se comportan igual tanto que no se llegan casi a distinguir las dos funciones. El punto del rendimiento máximo se produce en el punto 1 del índice de carga, y es del 65% aproximadamente después las dos graficas se comportan casi como un función lineal descendente.

4. Factor de potencia - Índice de carga.



Si observamos esta grafica podemos deducir que cuando los circuitos equivalentes están trabajando en el punto nominal del índice de carga tienen un comportamiento muy parecido pero cuando el índice de carga va aumentando el factor de potencia va disminuyendo más, en el circuito equivalente parametrizado, pero a pesar de esto no

hay grandes diferencias entre los dos circuitos. El factor de Potencia máximo es del 80% aproximadamente y se da en el punto nominal.

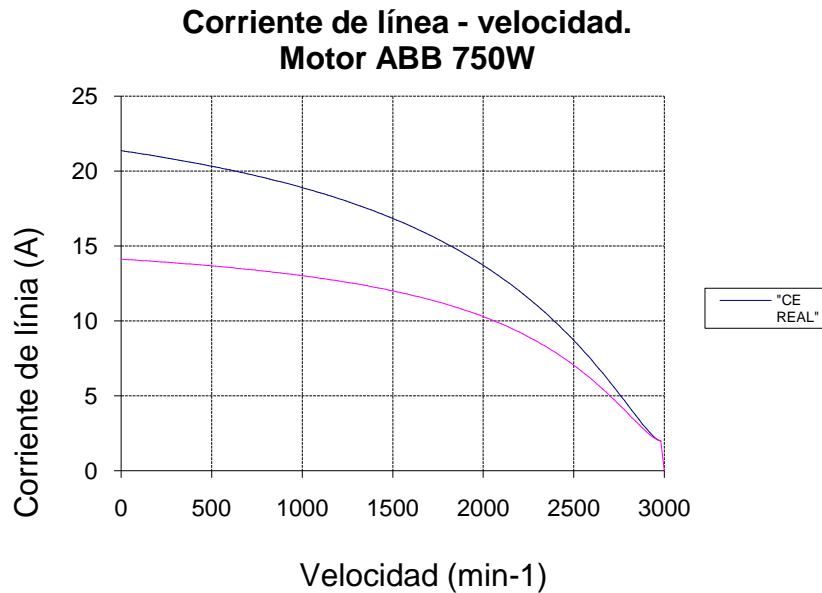
Tabla resumen de las características principales.

	Datos Reales	Datos parametrizados	Diferencia (%)
$I_{arranque}$	6,1935	5,7659	- 6,9040
$I_{arranque} / I_{nominal}$	3,0277	2,714	- 10,3610
$M_{arranque}$	4,3558	2,8839	- 33,7917
$M_{arranque} / M_{nominal}$	1,5054	0,9747	- 35,2530
$M_{máximo}$	5,5924	4,6019	- 17,7115
$M_{máximo} / M_{nominal}$	1,9328	1,5554	- 19,5260
η	2,8933	2,9586	2,2569
$\cos \varphi$	0,7267	0,7524	3,5365
M (velocidad nominal)	2,73266	2,8105	2,8485

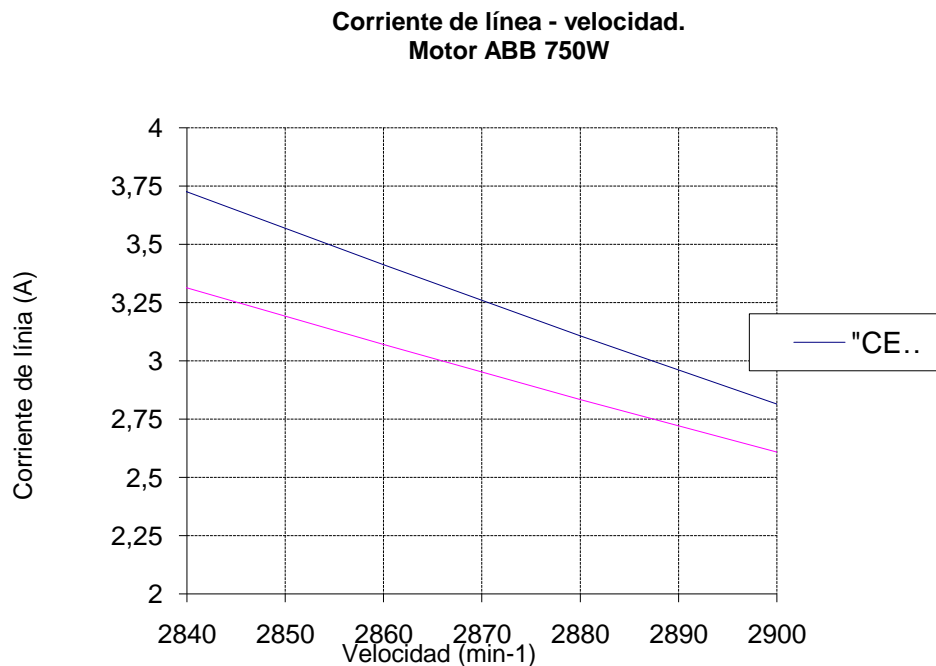
ABB 750W.

Este motor tiene una potencia de 750W en conexión triángulo con una tensión de fase de 230V y una corriente de fase de 1,79(A), con una velocidad nominal de 2870 y un factor de potencia 0,75 con dos polos.

1. Corriente de Línea - Velocidad.



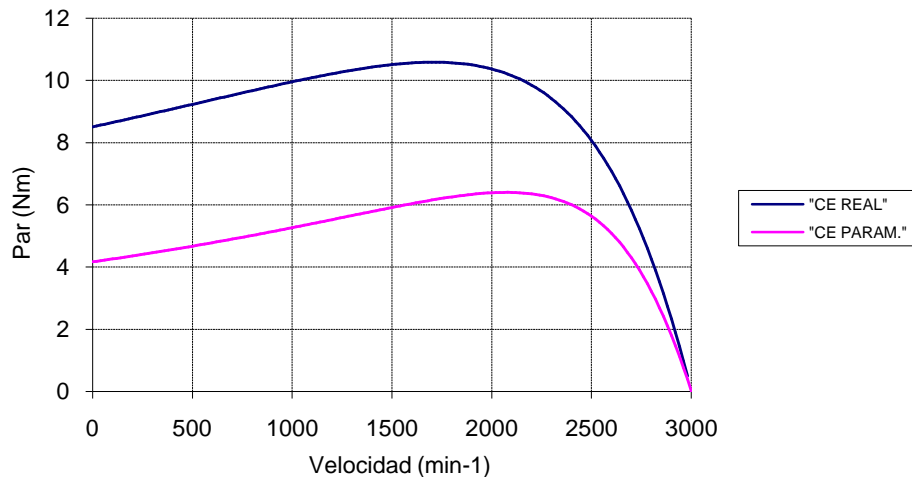
En esta grafica observamos como al principio se necesita una mayor cantidad de corriente de arranque en el circuito equivalente real, pero en cambio cuando va aumentando la velocidad dicha *corriente* de línea se va igualando a la corriente necesaria en el circuito equivalente parametrizado . Se puede observar que hay una diferencia aproximada de 8 A en la corriente de arranque.



En el circuito equivalente parametrizado actúa de una forma más lineal que en el circuito equivalente real. En el punto donde esta la velocidad nominal hay una diferencia de aproximadamente de 0,25 A

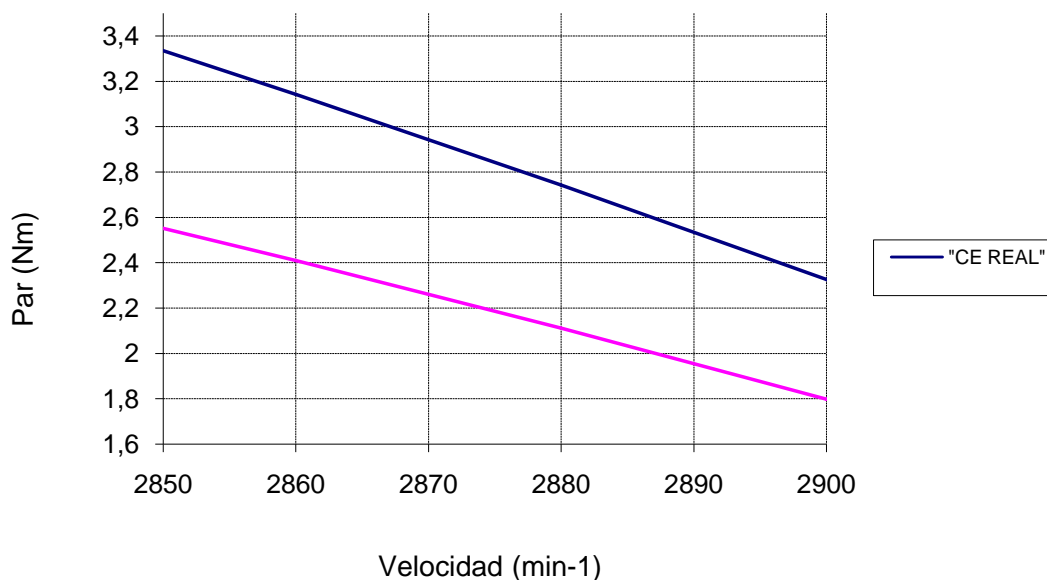
2. Par - Velocidad.

**Par-velocidad.
Motor ABB 750W .**



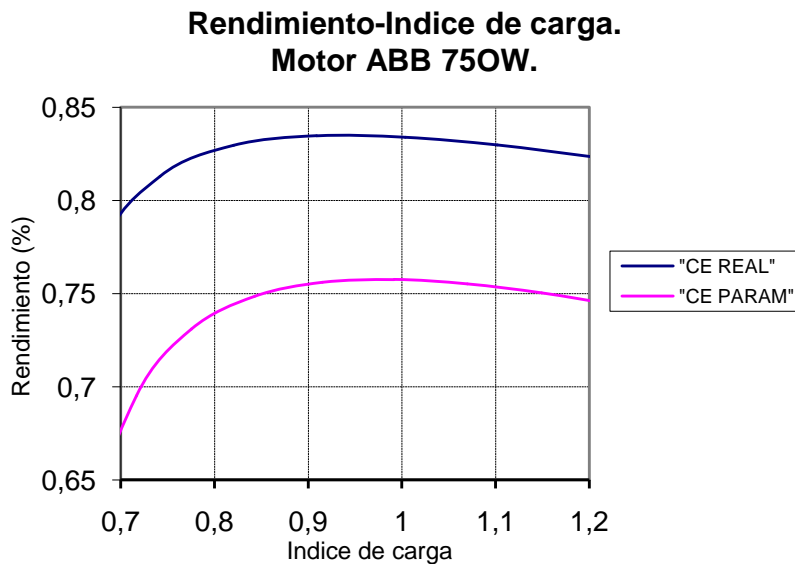
Si observamos la grafica podemos ver, que tanto en una curva como en la otra, es casi lineal entre vacío y plena carga. El par de arranque en el circuito equivalente real es casi el doble que en el circuito equivalente parametrizado. El par máximo en la curva del circuito equivalente real se obtiene a la velocidad de 2100 min⁻¹ y es de unos 6,5 Nm en cambio el par máximo en el circuito equivalente parametrizado se obtiene en los 1800 min⁻¹ y es de unos 11 Nm, es decir que el par máximo en “ce real” es

**Par-velocidad.
Motor ABB 750W.**



aproximadamente el doble que el “ce parametrizado”. En cambio cuando están en la velocidad síncrona estas graficas tienen una diferencia en el par de unos 0,6 Nm.

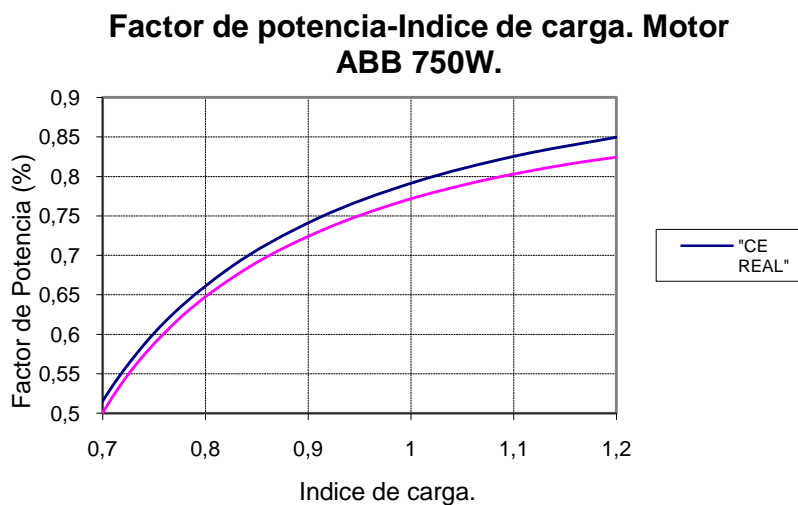
3. Rendimiento – Índice de carga en el punto nominal.



Si observamos esta grafica en el punto nominal observamos que los dos circuitos se comportan igual, pero la función en el circuito equivalente parametrizado tiene una 8 por ciento más de rendimiento.

En esta grafica podemos observa que en el punto nominal del índice de carga los dos circuitos equivalentes se comportan de una manera muy similar, pero a medida que el índice de carga aumenta el rendimiento en el circuito equivalente real disminuye de una manera mucho más rápida en el circuito equivalente parametrizado. En el punto nominal del índice de carga es donde se obtiene el rendimiento máximo en los circuitos equivalentes.

4. Factor de Potencia – Índice de carga en el punto nominal.



En esta grafica observamos que el factor de potencia obtenido en los dos circuitos equivalentes es el mismo durante todo el punto nominal del índice de carga. Si

observamos esta grafica podemos deducir que cuando los circuitos equivalentes están trabajando en el punto nominal del índice de carga tienen un comportamiento muy parecido pero cuando el índice de carga va aumentando el factor de potencia va disminuyendo más rápido en el circuito equivalente parametrizado.

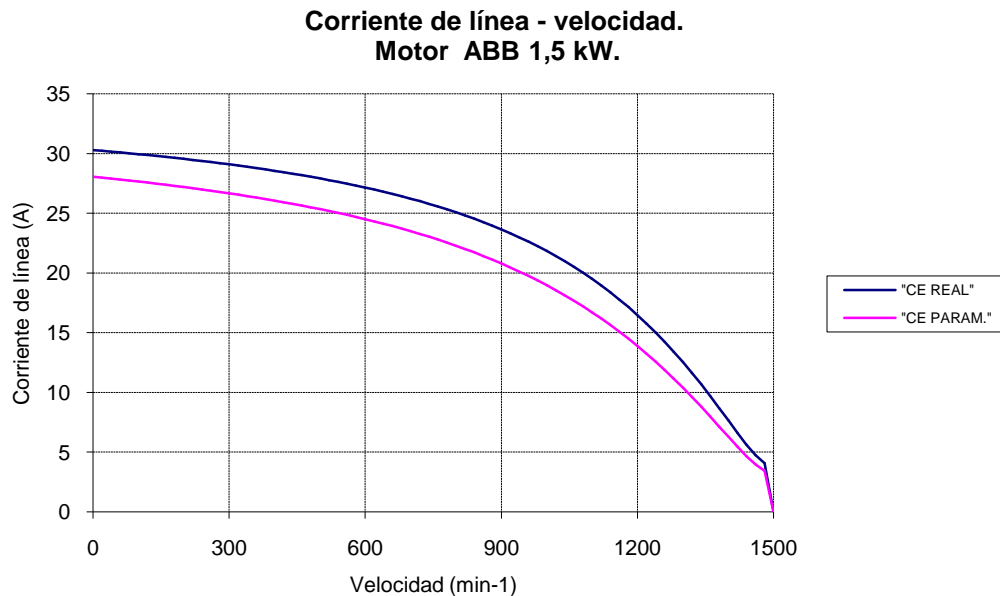
Tabla resumen de las características principales.

	Datos Reales	Datos parametrizados	Diferencia (%)
$I_{arranque}$	14,1207	21,362	51,2814
$I_{arranque} / I_{nominal}$	4,5445	7,79	71,4159
$M_{arranque}$	8,5042	4,1648	- 51,0265
$M_{arranque} / M_{nominal}$	3,1012	1,7285	- 44,2635
$M_{máximo}$	10,4823	5,9218	- 43,5066
$M_{máximo} / M_{nominal}$	3,8225	2,4577	- 35,7043
η	0,8339	0,7575	- 9,1617
$\cos \varphi$	0,7927	0,7682	- 3,0907
M (velocidad nominal)	2,9176	2,1331	- 26,8885

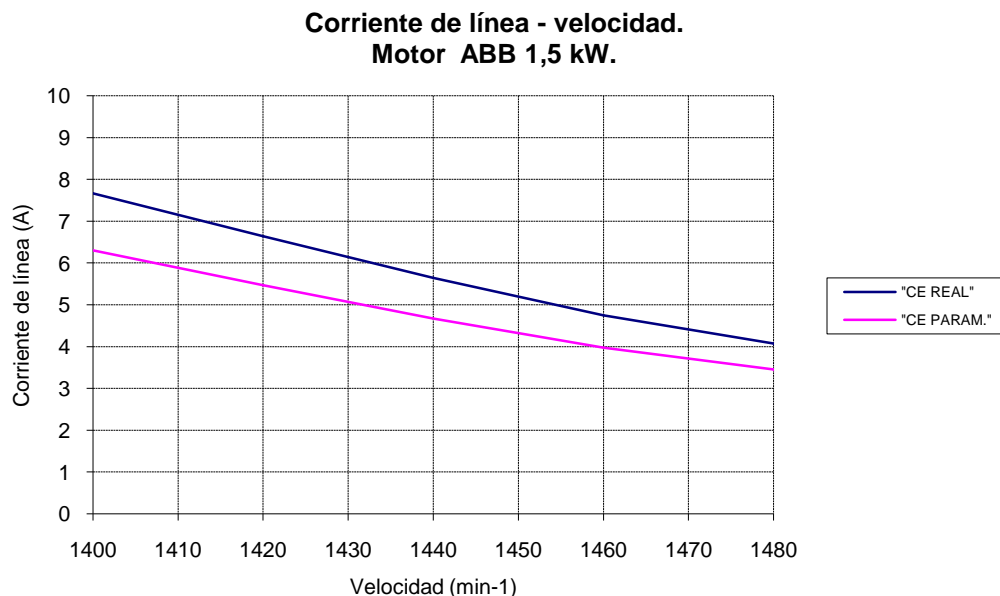
ABB 1,5 kW.

Este motor tiene una potencia de 1500W en conexión triángulo con una tensión de fase de 230V y una corriente de fase de 3,73(A), con una velocidad nominal de 1420 y un factor de potencia 0,78 con cuatro polos.

1. Corriente de Línea - Velocidad.

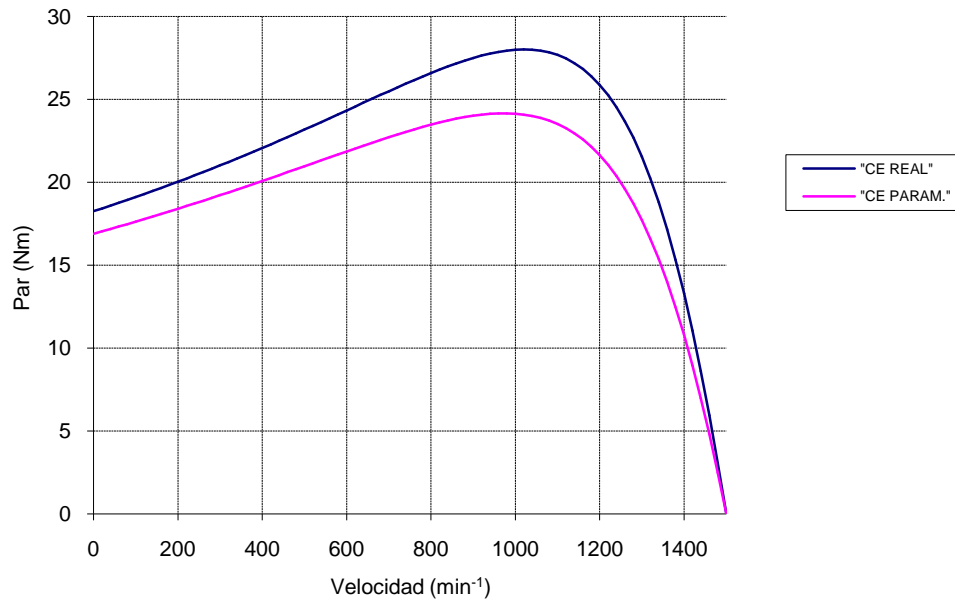


En esta grafica observamos como al principio se necesita una pequeña cantidad mayor de corriente de arranque en el circuito equivalente real, pero a pesar de esto la corriente tiene un comportamiento muy similar durante el intervalo de 0 a 1000 min^{-1} de velocidad, a partir de esta velocidad el circuito equivalente real disminuye de una manera mucho más rápida. En esta gráfica podemos observar que en la velocidad nominal hay una diferencia de 3 A.



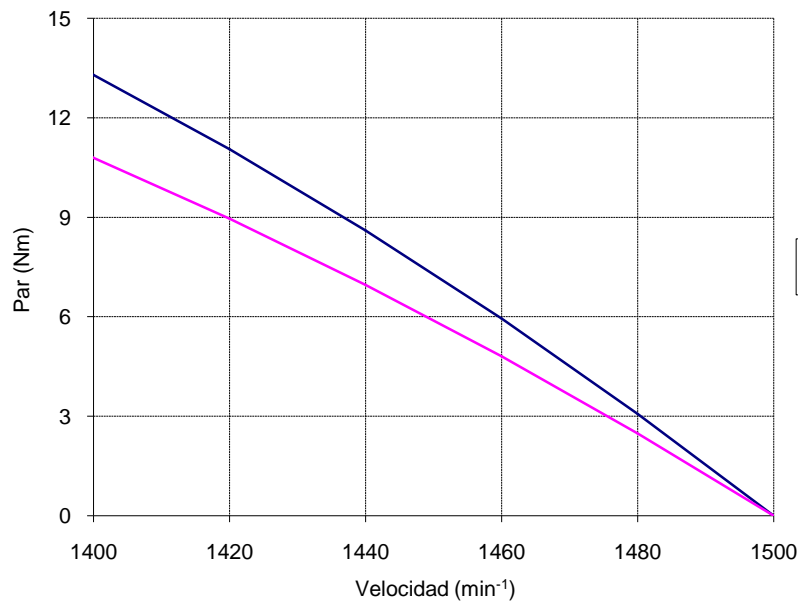
2. Par - Velocidad.

**Par-velocidad.
Motor ABB 1,5kW.**

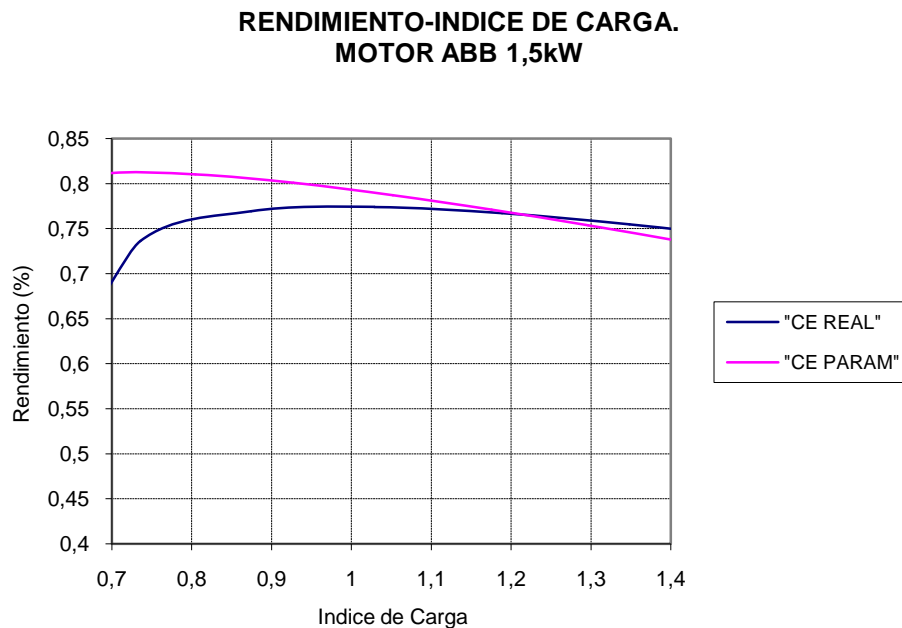


Si observamos la grafica podemos ver que tanto en una curva como en la otra es casi lineal entre vacío y plena carga. El par de arranque en el circuito equivalente real es casi igual que en el circuito equivalente parametrizado. El par máximo en la curva del circuito equivalente real es un poco mayor que en el parametrizado, en el circuito equivalente parametrizado es de 23 Nm y en el real es de 28 Nm. También podemos observar que la función del circuito equivalente real.

**Par-velocidad.
Motor ABB 1,5kW.**



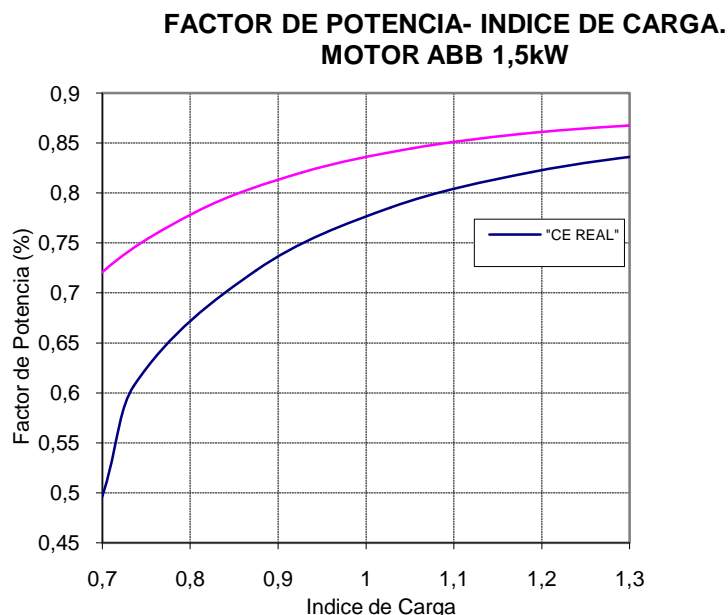
3. Rendimiento - Índice de carga.



Si observamos esta grafica en el punto nominal observamos que los dos circuitos se comportan igual, pero la función en el circuito equivalente parametrizado tiene una 0,03 por ciento más de rendimiento.

En esta grafica podemos observar que en el punto nominal del índice de carga los dos circuitos equivalentes se comportan de una manera muy similar, pero a medida que el índice de carga aumenta el rendimiento en el circuito equivalente parametrizado disminuye de una manera mucho más rápida en el circuito equivalente real.

4. Factor de potencia - Índice de carga.



En esta gráfica observamos que las dos funciones de los circuitos equivalentes son muy parecidas, tienen casi el mismo comportamiento, pero en el punto nominal el circuito equivalente real es aproximadamente del 77% y en el circuito equivalente parametrizado es del 83%.

Tabla resumen de las características principales.

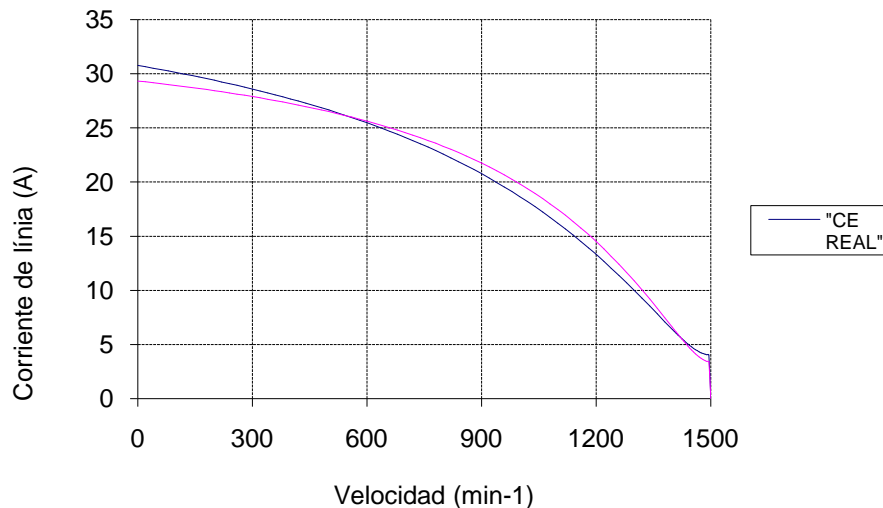
	Datos Reales	Datos parametrizados	Diferencia (%)
$I_{\text{arranque}} (A)$	30,2967	28,0542	- 7,4017
$I_{\text{arranque}} / I_{\text{nominal}}$	4,9401	4,1692	- 15,6049
M_{arranque}	18,2495	16,8924	- 7,4363
$M_{\text{arranque}} / M_{\text{nominal}}$	1,8527	1,451	- 21,6818
$M_{\text{máximo}}$	28,0026	24,1471	- 13,7683
$M_{\text{máximo}} / M_{\text{nominal}}$	2,8428	2,0742	- 27,0367
η	0,7741	0,8446	9,1073
$\cos \varphi$	0,7784	0,7868	1,6406
M (velocidad nominal)	14,3253	9,8884	- 30,9724

SIEMENS 1,5 kW.

Este motor tiene una potencia de 1500W en conexión triángulo con una tensión de fase de 230V y una corriente de fase de 3,57(A), con una velocidad nominal de 1410 y un factor de potencia 0,78 con cuatro polos.

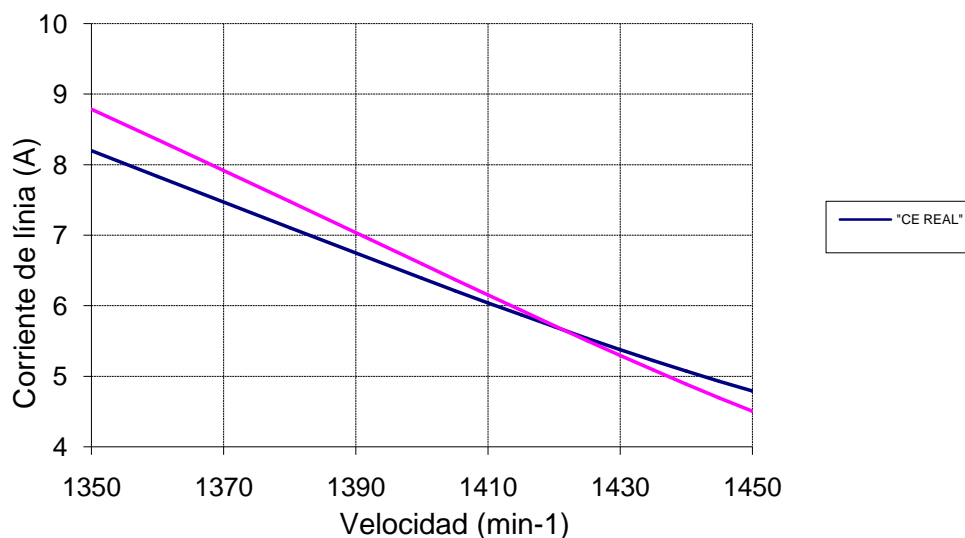
1. Corriente de Línea - Velocidad.

**Corriente de línea - velocidad.
Motor SIEMENS 1,5kW.**

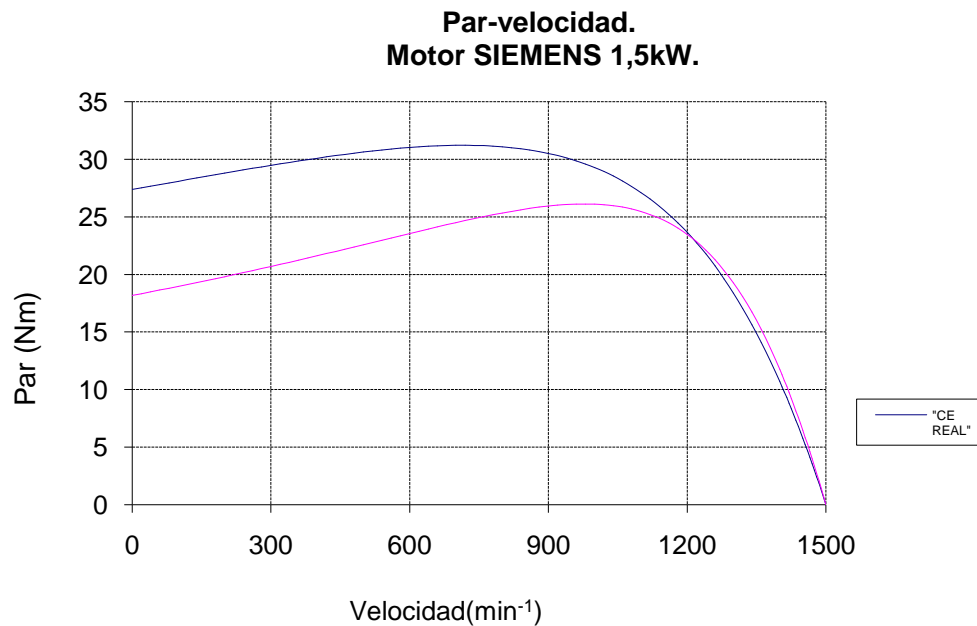


En esta grafica observamos que los dos circuitos equivalentes tienen el mismo comportamiento respecto de la corriente de línea, pero a pesar de ello podemos ver que tienen un punto en común cuando los dos tienen una velocidad aproximadamente de 600 min^{-1} .

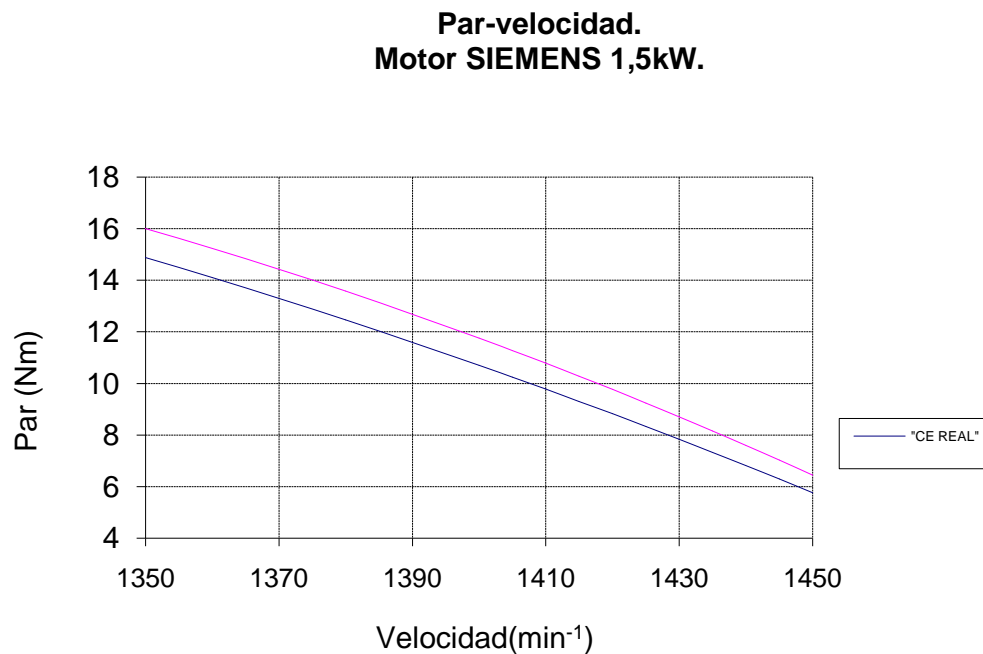
**Corriente de línea - velocidad.
Motor SIEMENS 1,5kW.**



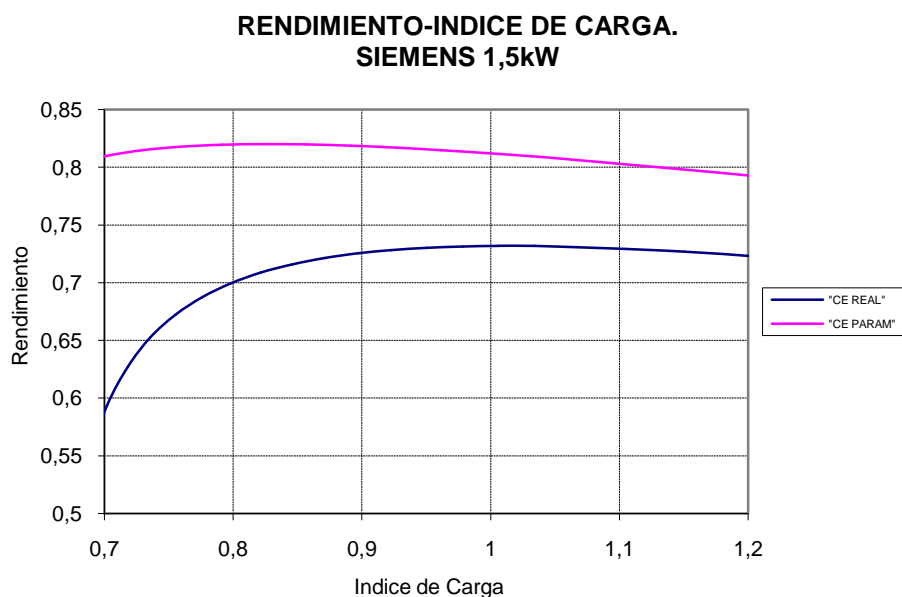
2. Par - Velocidad



Si observamos la grafica podemos ver que tanto en una curva como en la otra es casi lineal entre vacío y plena carga. El par de arranque en el circuito equivalente real es casi el doble que en el circuito equivalente real. El par máximo en la curva del circuito equivalente real es de 30 Nm y en cambio en el parametrizado es de unos 25 Nm aproximadamente. Pero a pesar de esto cuando llega a la velocidad aproximadamente en 1200 min^{-1} los dos circuitos se comportan igual.

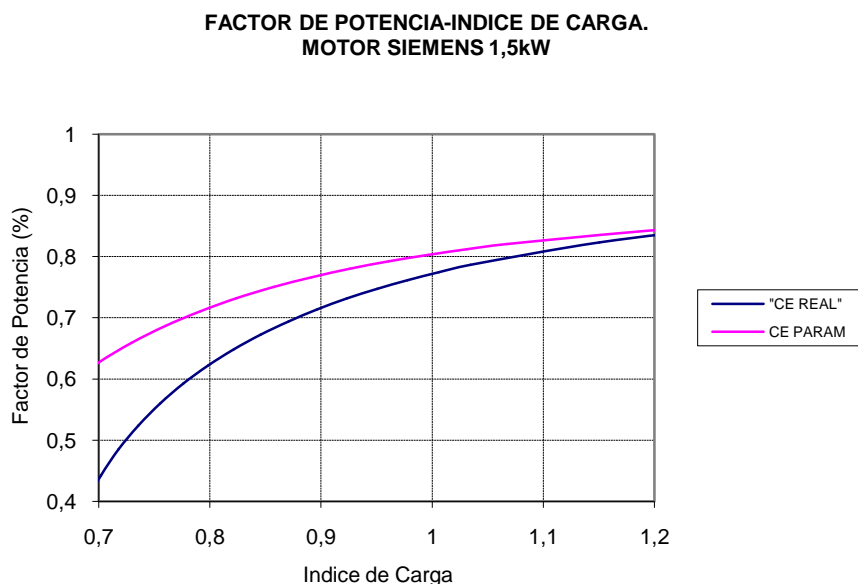


3. Rendimiento – Índice de carga.



En esta grafica podemos observar que en el punto nominal del índice de carga se comportan los dos circuitos equivalentes de una manera muy similar durante toda la grafica, es casi lineal. El rendimiento máximo es el 0,8 y se produce en el punto nominal del índice de carga.

4. Factor de potencia - Índice de carga.



Si observamos esta gráfica podemos deducir que cuando los circuitos equivalentes están trabajando en el punto nominal del índice de carga tienen un comportamiento muy parecido, en el circuito equivalente real es del 78% y en el circuito equivalente parametrizado es del 80% pero cuando el índice de carga va aumentando el factor de potencia va aumentando también.

Tabla resumen de las características principales.

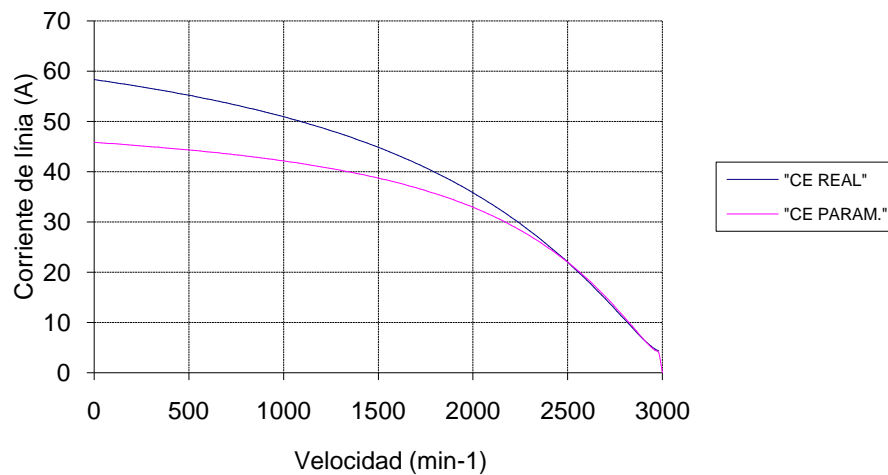
	Datos Reales	Datos parametrizados	Diferencia (%)
$I_{arranque}$	30,7587	29,3294	- 4,6468
$I_{arranque} / I_{nominal}$	4,9501	4,7665	- 3,7090
$M_{arranque}$	27,3834	18,1811	-33,6053
$M_{arranque} / M_{nominal}$	2,6732	1,6858	- 36,9370
$M_{máximo}$	31,2187	26,1214	- 16,3277
$M_{máximo} / M_{nominal}$	3,0476	2,422	- 20,5276
η	10,2434	10,7848	5,2853
$\cos \varphi$	0,7747	0,8030	3,6530
M (velocidad nominal)	9,7774	10,8432	10,9006

MOTOR 2,2 Kw.

Este motor tiene una potencia de 2200W en conexión triángulo con una tensión de fase de 220V y una corriente de fase de 5,1(A), con una velocidad nominal de 2840 y un factor de potencia 0,81 con dos polos.

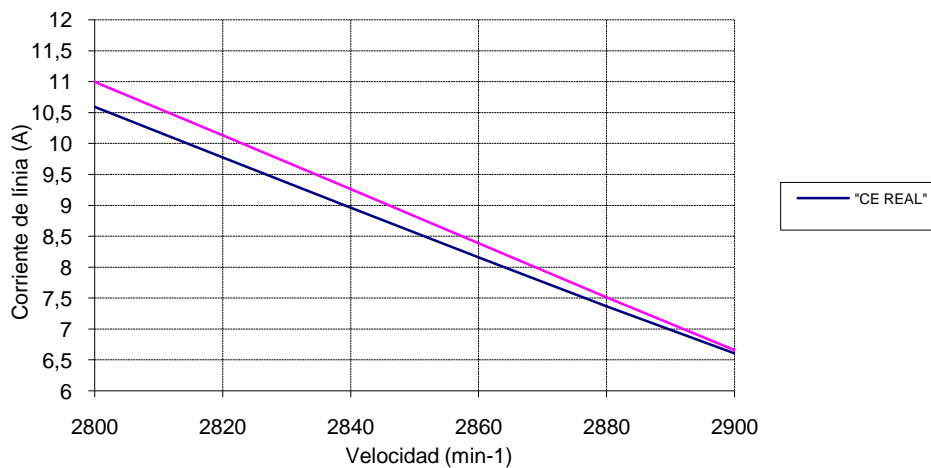
1. Corriente de Línea - Velocidad.

Corriente de línea - velocidad.
Motor 2,2 kW.



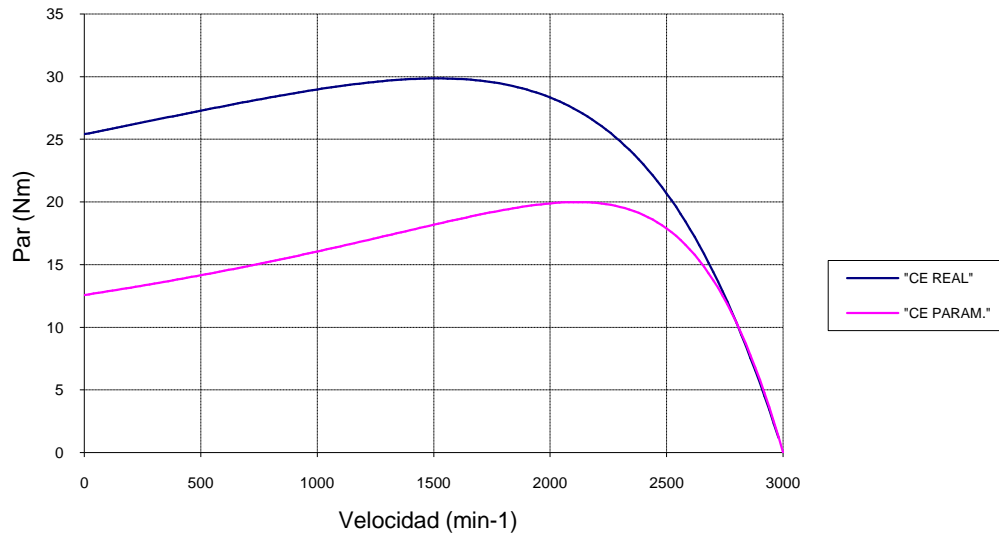
En esta grafica observamos como al principio se necesita una mayor cantidad de corriente de arranque en el circuito equivalente parametrizado pero en cambio cuando va aumentando la velocidad dicha corriente de línea se va igualando a la corriente necesaria en el circuito equivalente real hasta el punto de tener una misma corriente a una velocidad aproximada de 3000 min⁻¹. La diferencia de la corriente de arranque es de aproximadamente de 15 A.

Corriente de línea - velocidad.
Motor 2,2 kW.



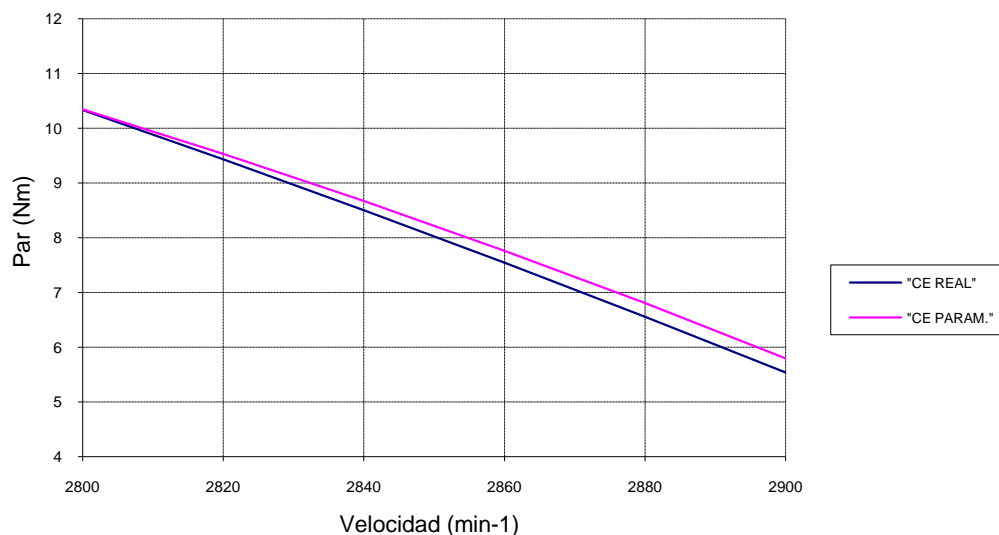
2. Par - Velocidad.

**Par-velocidad.
Motor 2,2 kW.**



Si observamos la grafica podemos ver que tanto en una curva como en la otra es casi lineal entre vacío y plena carga. El par de arranque en el circuito equivalente real es casi el doble que en el circuito equivalente parametrizado. El par máximo en la curva del circuito equivalente real podemos observar que es una tercera parte mayor que en la

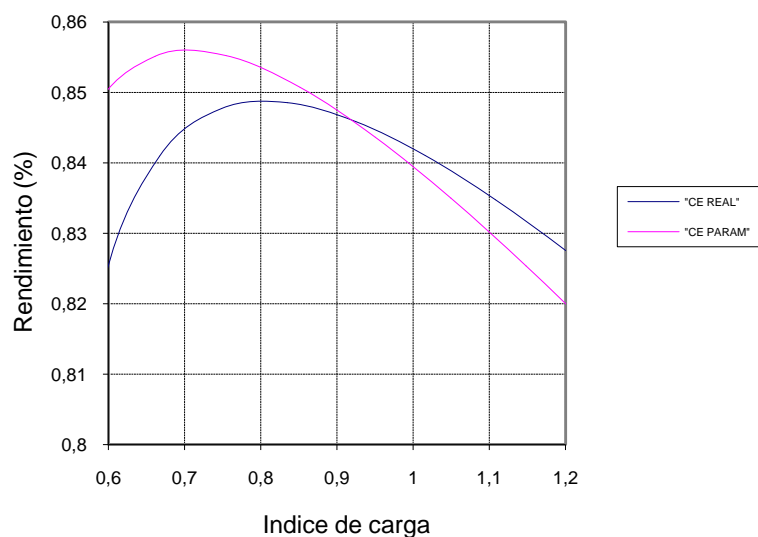
**Par-velocidad.
Motor 2,2 kW.**



curva del circuito equivalente parametrizado y esta desplazada aproximadamente en 500 min⁻¹. En cambio cuando se va aproximando a la velocidad síncrona estas graficas son muy parecidas.

3. Rendimiento – Índice de carga.

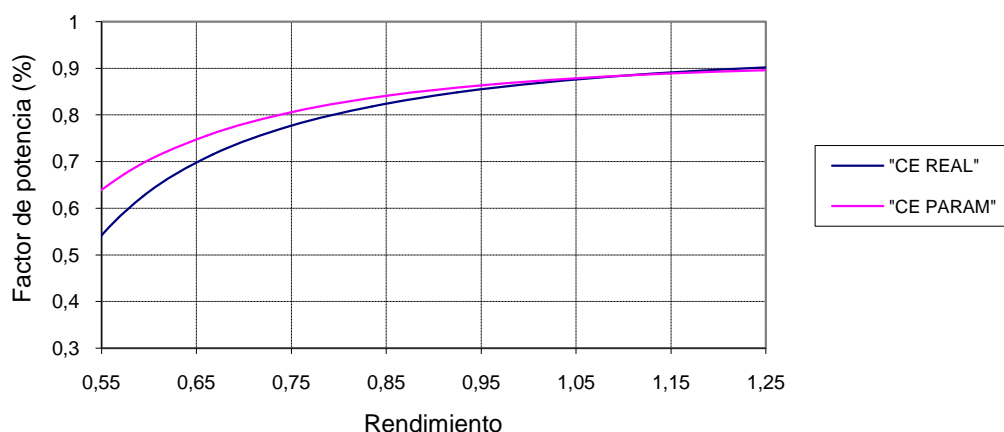
Rendimiento-Índice de carga.
Motor 2,2 kW.



En esta grafica podemos observar que en el punto nominal del índice de carga se comportan los dos circuitos equivalentes de una manera muy similar, pero a medida que el índice de carga aumenta el rendimiento en el circuito equivalente real disminuye de una manera mucho más rápida en el circuito equivalente parametrizado.

4. Factor de potencia - Índice de carga.

Factor de potencia - Rendimiento.
Motor 2,2 kW.



Si observamos esta grafica podemos deducir que cuando los circuitos equivalentes están trabajando en el punto nominal del índice de carga tienen un comportamiento muy parecido pero cuando el índice de carga

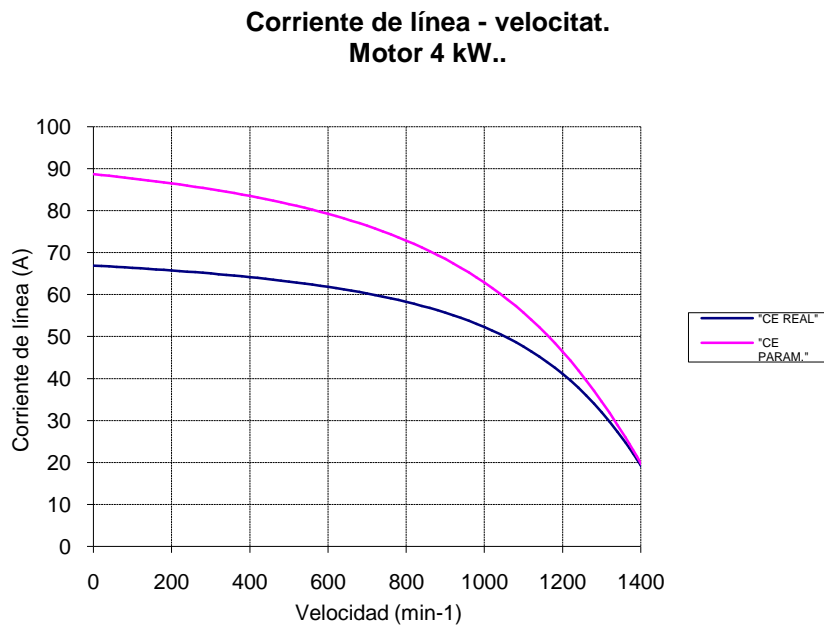
va aumentando el factor de potencia va disminuyendo más rápido en el circuito equivalente parametrizado.

	Datos Reales	Datos parametrizados	Diferencia (%)
$I_{arranque}$	58,3023	45,8096	- 21,4274
$I_{arranque} / I_{nominal}$	6,5052	5,4632	- 16,0179
$M_{arranque}$	25,4002	12,5698	- 50,5129
$M_{arranque} / M_{nominal}$	2,9879	1,6194	- 45,7913
$M_{máximo}$	29,8488	19,9827	- 33,0535
$M_{máximo} / M_{nominal}$	3,5112	2,5744	- 26,6803
η	8,4068	8,4825	- 0,9004
$\cos \varphi$	0,8694	0,8750	0,6441
M (velocidad nominal)	8,5009	8,6701	1,9903

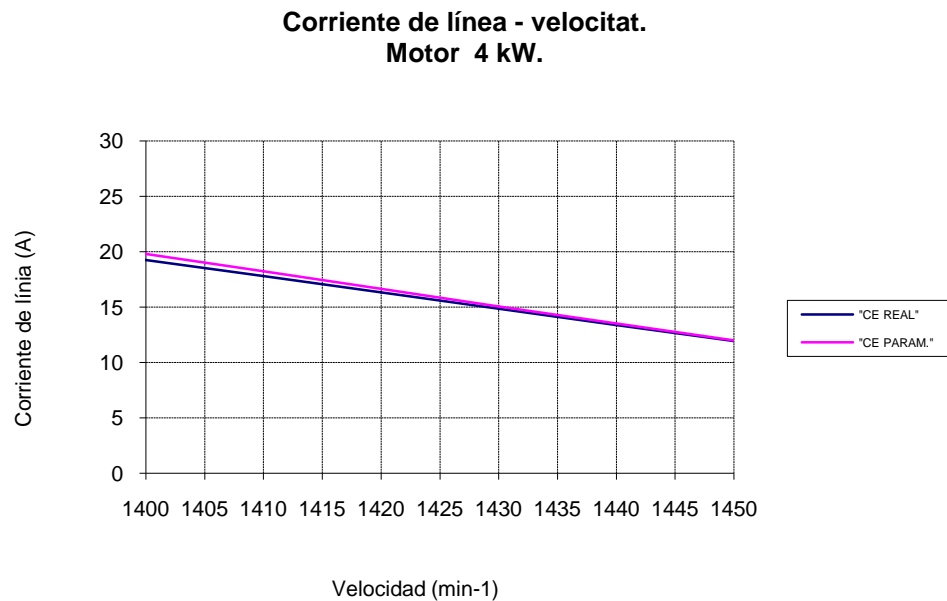
MOTOR 4 kW.

Este motor tiene una potencia de 4000W en conexión triángulo con una tensión de fase de 220V y una corriente de fase de 9,12(A), con una velocidad nominal de 1435 y un factor de potencia 0,8 con cuatro polos.

1. Corriente de Línea - Velocidad.

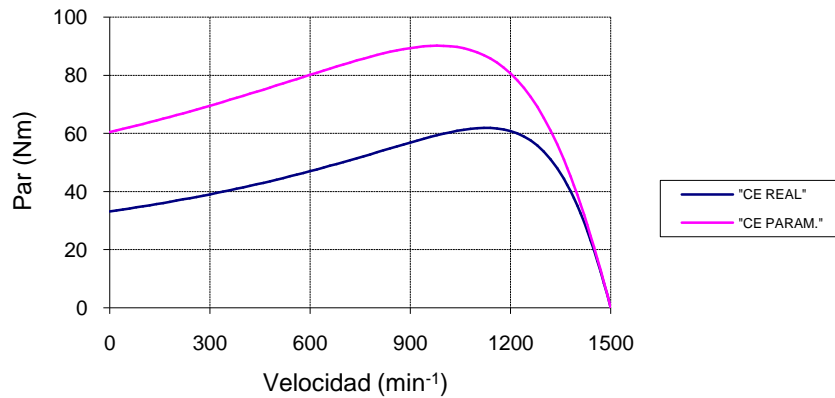


En esta gráfica observamos como al principio se necesita una mayor cantidad de corriente de arranque en el circuito equivalente parametrizado pero en cambio cuando va aumentando la velocidad dicha corriente de línea se va igualando a la corriente necesaria en el circuito equivalente real hasta el punto de tener una misma corriente a una velocidad aproximada de 1430 min⁻¹ que es aproximadamente de 15 (A).



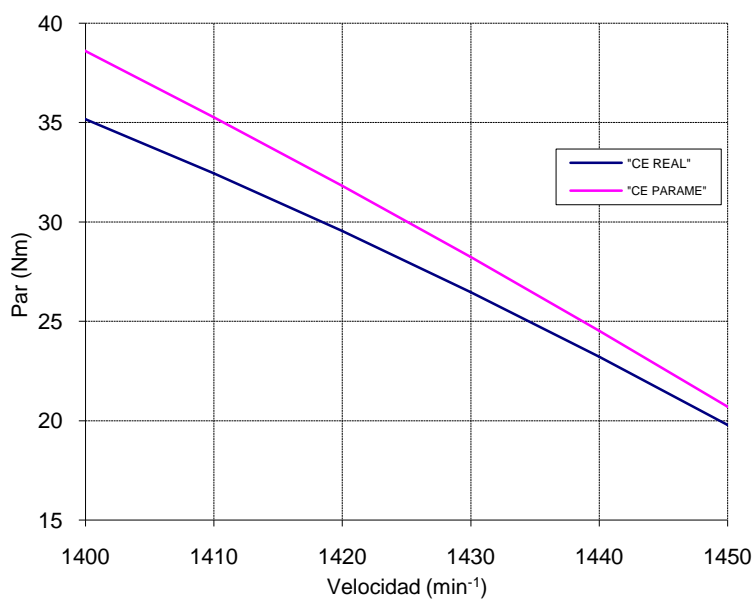
2. Par - Velocidad.

**Par-velocidad.
Motor 4 kW.**

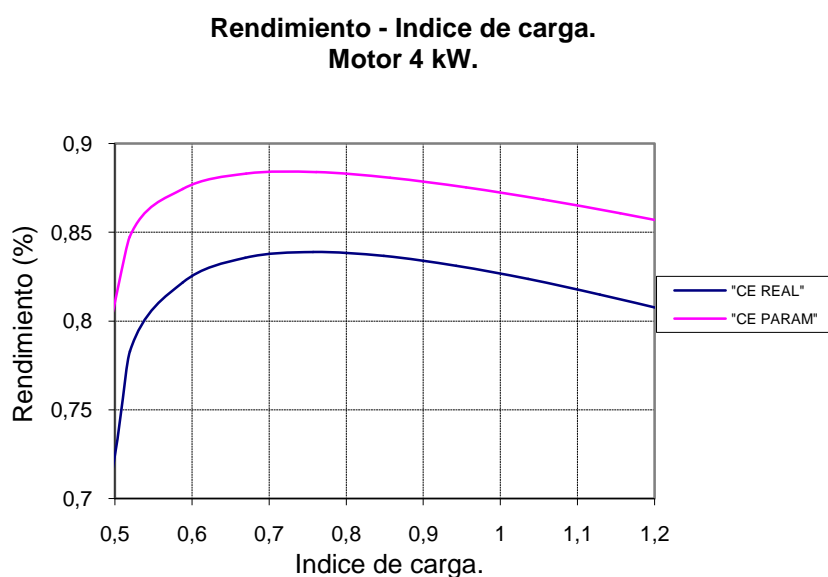


Si observamos la grafica podemos ver que tanto en una curva como en la otra es casi lineal entre vacío y plena carga. El par de arranque en el circuito equivalente parametrizado es casi el doble que en el circuito equivalente real. El par máximo en la curva del circuito equivalente real podemos observar que es una tercera parte menor que en la curva del circuito equivalente parametrizado que en la del circuito equivalente real y esta desplazada aproximadamente en 100 min⁻¹. En cambio cuando se va aproximando a la velocidad síncrona estas graficas son muy parecidas.

**Par-velocidad.
Motor 4 kW.**

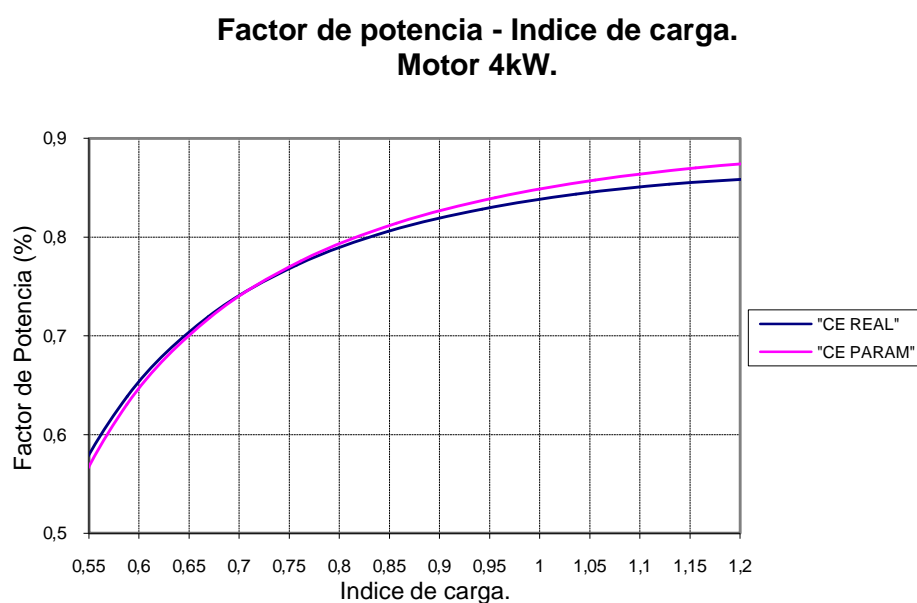


3. Rendimiento – Índice de carga en el punto nominal.



Si observamos esta grafica en el punto nominal observamos que los dos circuitos se comportan igual, pero la función en el circuito equivalente parametrizado tiene una 0,04 por ciento más de rendimiento. Las dos funciones tienen aproximadamente en el mismo índice carga, cuando se observa el rendimiento máximo de los motores.

4. Factor de Potencia – Índice de carga en el punto nominal.



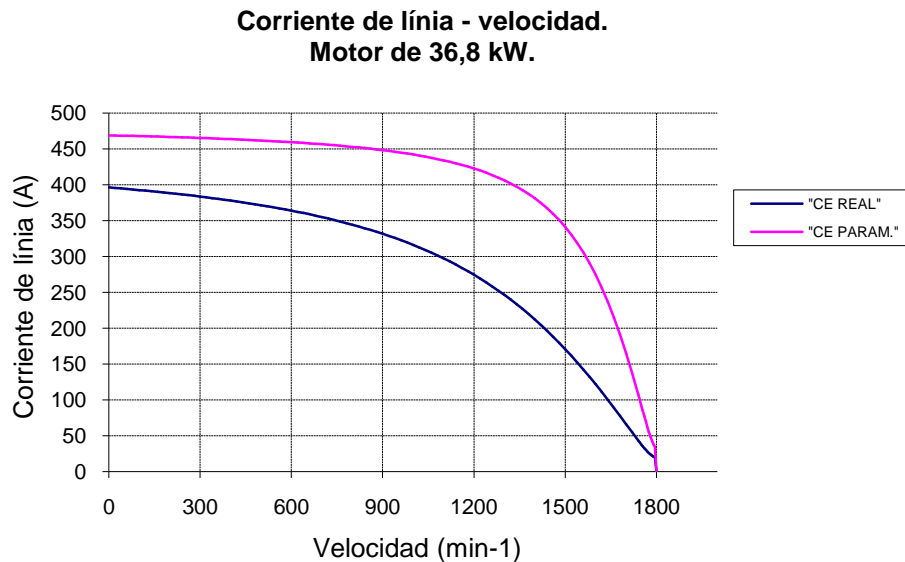
Si observamos esta grafica podemos deducir que cuando los circuitos equivalentes están trabajando en el punto nominal del índice de carga tienen un comportamiento muy parecido pero cuando el índice de carga va aumentando el factor de potencia va disminuyendo más rápido en el circuito equivalente real.

	Datos Reales	Datos parametrizados	Diferencia (%)
$I_{arranque}$	66,8833	88,6503	32,5447
$I_{arranque} / I_{nominal}$	4,09918	5,3245	29,9040
$M_{arranque}$	33,1037	60,4307	82,5496
$M_{arranque} / M_{nominal}$	1,1203	1,8833	68,1067
$M_{máximo}$	61,9002	90,1851	45,6943
$M_{máximo} / M_{nominal}$	2,0949	2,8107	34,1686
η	0,8236	0,8719	5,7775
$\cos \varphi$	0,8435	0,8496	0,7231
M (velocidad nominal)	24,484	26,3923	7,7940

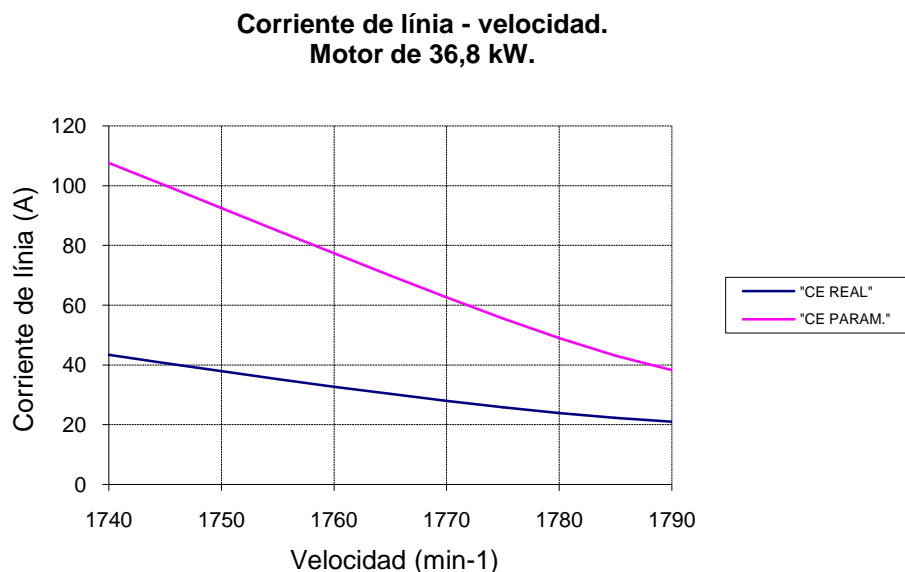
MOTOR 36,8 kW.

Este motor tiene una potencia de 36.000W en conexión estrella con una tensión de fase de 265,58 V y una corriente de fase de 61,82(A), con una velocidad nominal de 1720 y un factor de potencia 0,83 con cuatro polos.

1. Corriente de Línea – Velocidad.

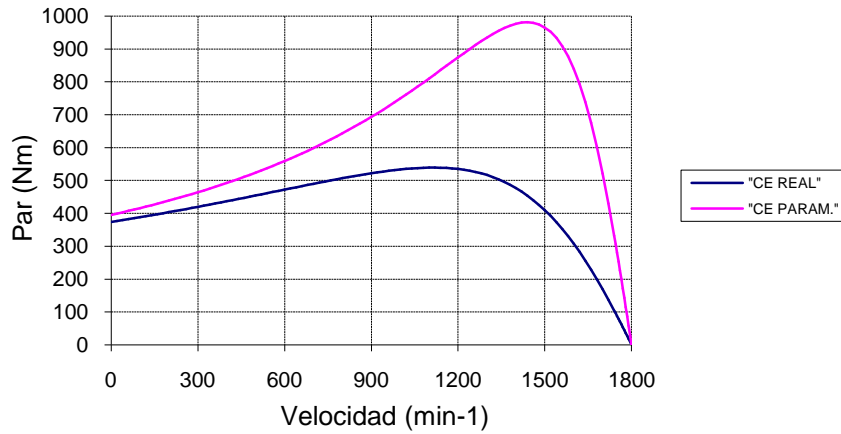


En esta grafica observamos como al principio se necesita una mayor cantidad de corriente de línea en el circuito equivalente parametrizado pero en cambio cuando va aumentando la velocidad dicha corriente de línea se va igualando a la corriente necesaria en el circuito equivalente real hasta el punto de tener una misma corriente a una velocidad aproximada de 1800 min^{-1} . La corriente de arranque en el “ce parametrizado” es aproximadamente 170 (A) mayor que el real.



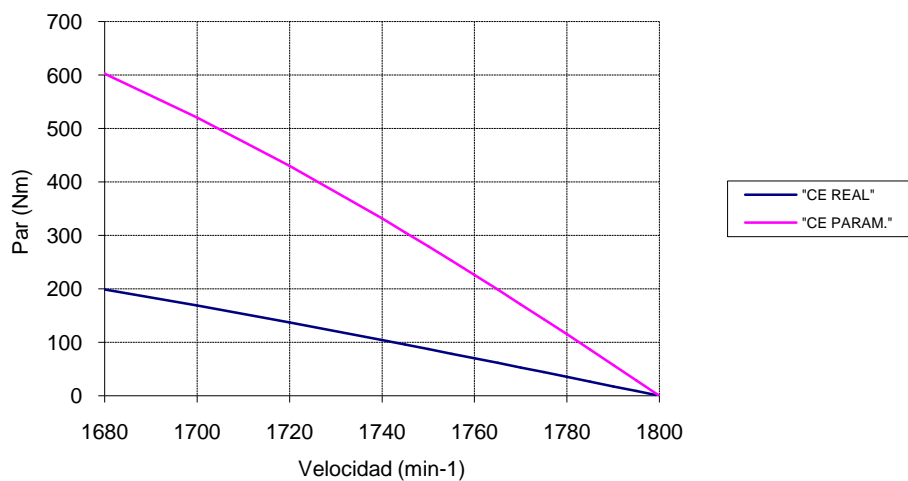
2. Par - Velocidad.

**Par-velocidad.
Motor 36,8 kW.**

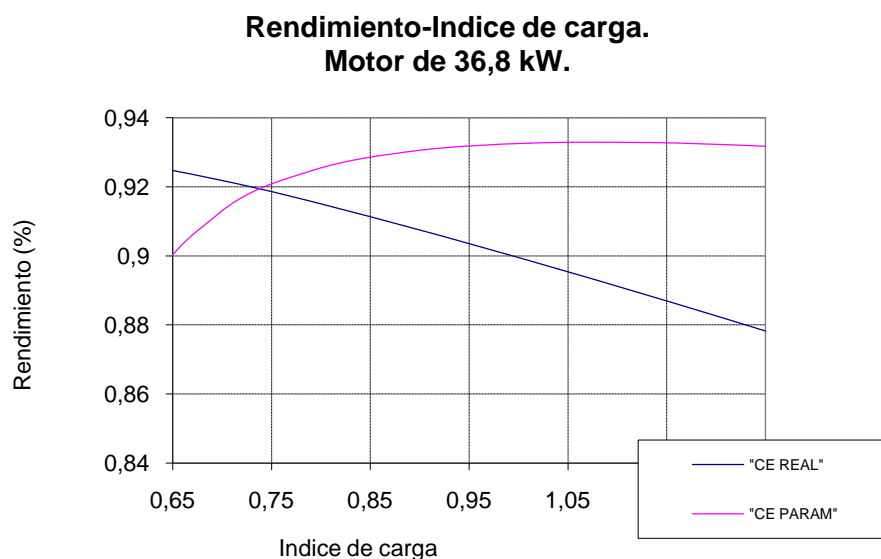


Si observamos la grafica podemos ver que tanto en una curva como en la otra es casi lineal entre vacío y plena carga. El par de arranque en el circuito equivalente parametrizado es igual al del circuito equivalente real. El par máximo en la curva del circuito equivalente real podemos observar que es casi la mitad que en la curva del circuito equivalente parametrizado y esta desplazada aproximadamente en 300 min⁻¹. En cambio cuando se va aproximando a la velocidad síncrona estas graficas son muy parecidas.

**Par-velocidad.
Motor de 36,8 kW..**

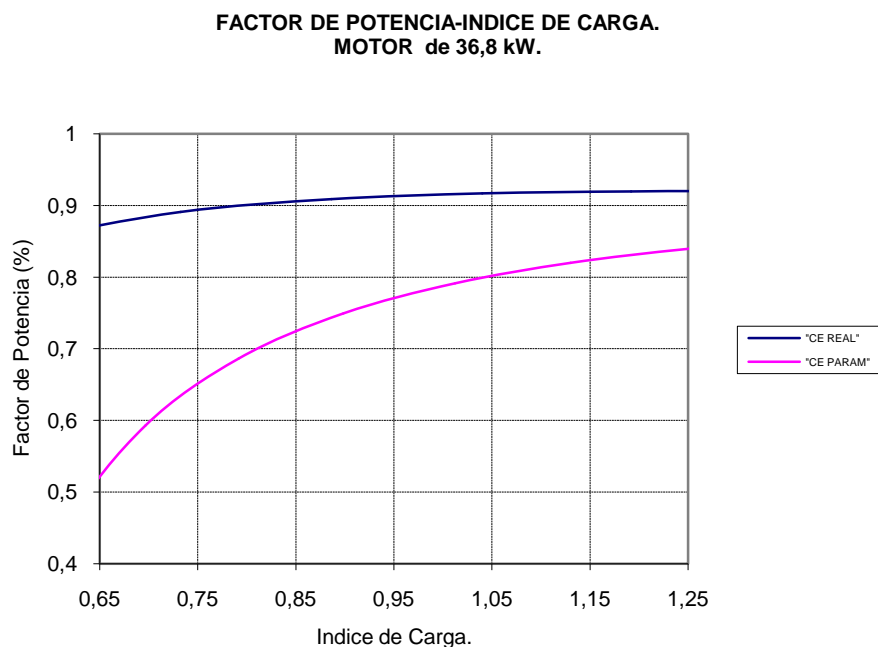


3. Rendimiento - Índice de carga.



En esta grafica podemos observa que en el punto nominal del índice de carga se comportan los dos circuitos equivalentes de una manera muy similar, pero a medida que el índice de carga aumenta el rendimiento en el circuito equivalente real disminuye de una manera mucho más rápida en el circuito equivalente parametrizado.

4. Factor de potencia - Índice de carga.



Si observamos esta grafica podemos deducir que cuando los circuitos equivalentes están trabajando en el punto nominal del índice de carga tienen un comportamiento muy parecido pero cuando el índice de carga va aumentando el factor de potencia va disminuyendo más rápido en el circuito equivalente real. En el “ce real” el índice carga

nominal tiene un factor de potencia del 92 por ciento y, en el “ce parametrizado el factor de potencia es del 80 por ciento.

	Datos Reales	Datos parametrizados	Diferencia (%)
$I_{arranque}$	328,311	468,9445	42,8354
$I_{arranque}/I_{nominal}$	5,1063	7,4936	46,7520
$M_{arranque}$	373,317	395,1330	5,8438
$M_{arranque}/M_{nominal}$	1,873	2,3089	23,2728
$M_{m\acute{a}ximo}$	538,796	980,8450	82,0438
$M_{m\acute{a}ximo}/M_{nominal}$	2,7032	5,7316	112,0301
η	199,314	171,1284	- 14,1413
$\cos \varphi$	0.9168	0,7912	- 13,6998
M (velocidad nominal)	137,106	430,2339	213,7965

ANEXO III

**Estudio de la sensibilidad en los diferentes
parámetros.**

Estudio de la sensibilidad en los diferentes parámetros.

Para realizar este estudio hemos tenido en cuenta dos motores, los cuales son uno de baja potencia y el otro es de alta. En estos motores hemos mirado diferentes tantos por cientos del valor de cada parámetro para poder observar su comportamiento respecto de Cada parámetro y así poder obtener unas graficas en las cuales se ven como va variando el valor de cada parámetro. Hemos trabajado con los parámetros de R_1 , R'_2 , R_{fe} , X_{d1} , X_{d2} , y X_u para las diferentes características de los motores.

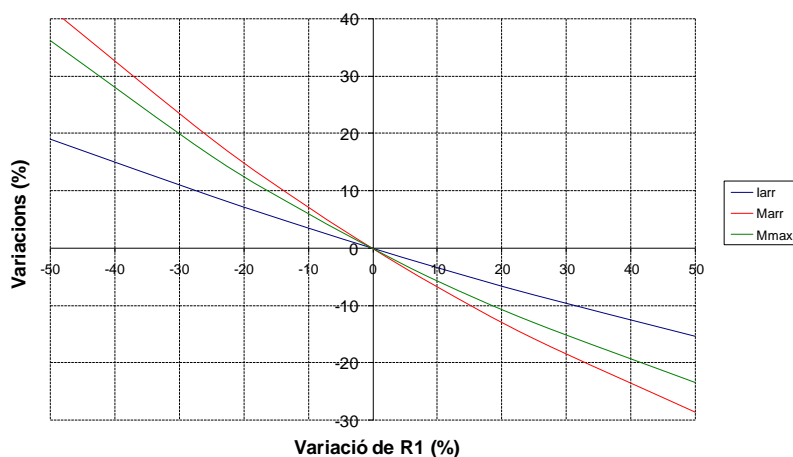
Los motores con los que hemos trabajado son ABB 750W y para ABB1,5 kW.

Para el motor ABB 750 W.

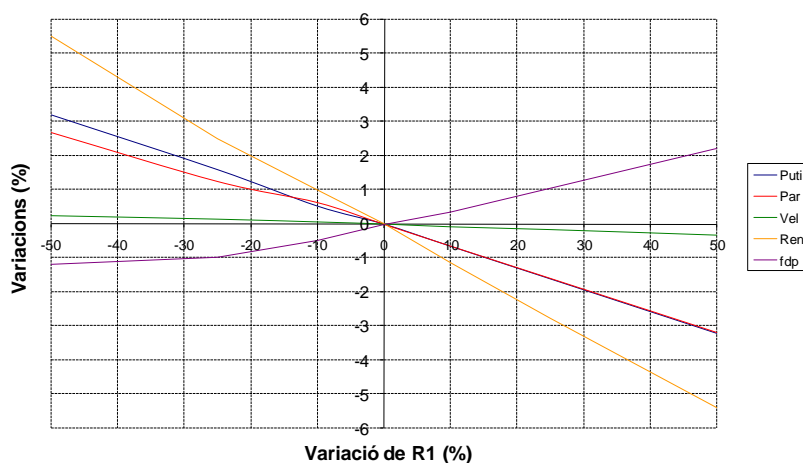
1. Variación de R_1 .

En estas gráficas podemos observar como va variando el comportamiento del circuito respecto al tanto por ciento que hemos variado la R_1 .

Variacions de R_1 . Motor inducció ABB 220/380 V, 750 W



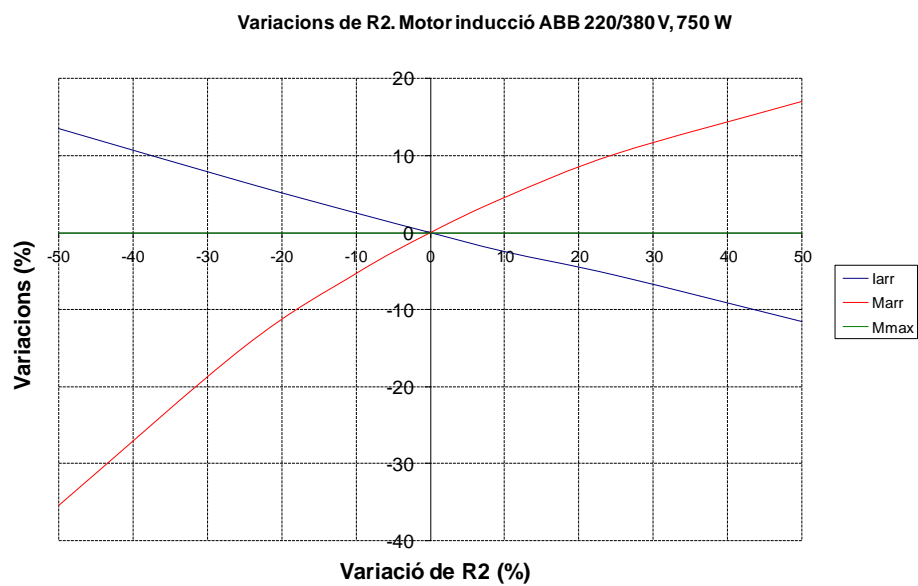
Variacions de R_1 . Motor inducció ABB 220/380 V, 750 W



En esta gráfica se observa que R_1 no influye en la velocidad del motor y todos de demás valores varían de una forma lineal donde el grado de inclinación depende de cada característica.

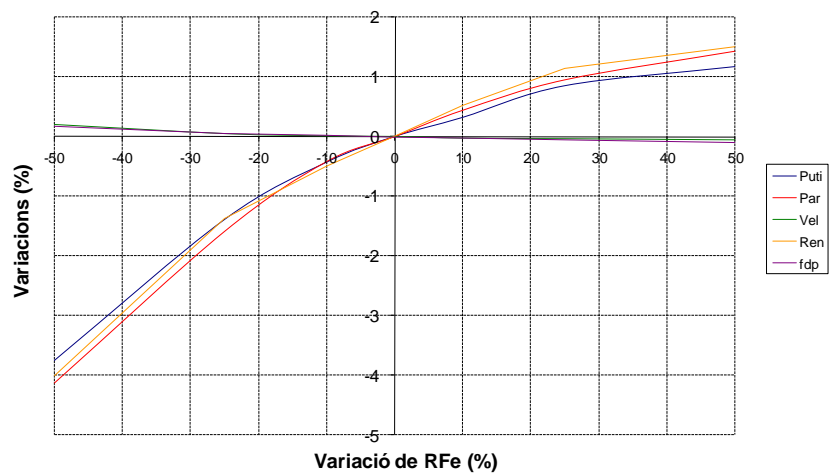
La variación de R_1 influye de una forma lineal sobre las siguientes características: la corriente de arranque, par de arranque y par máximo.

a) Para R2:

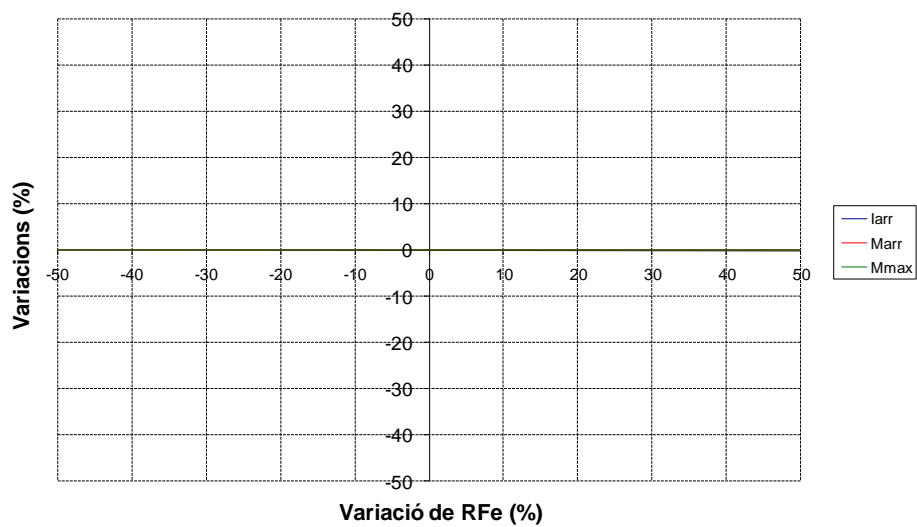


b) Para Rfe

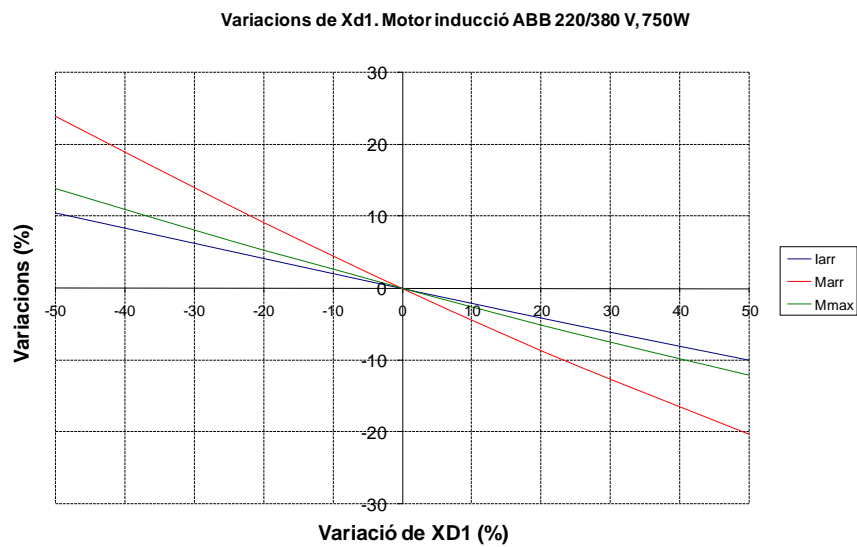
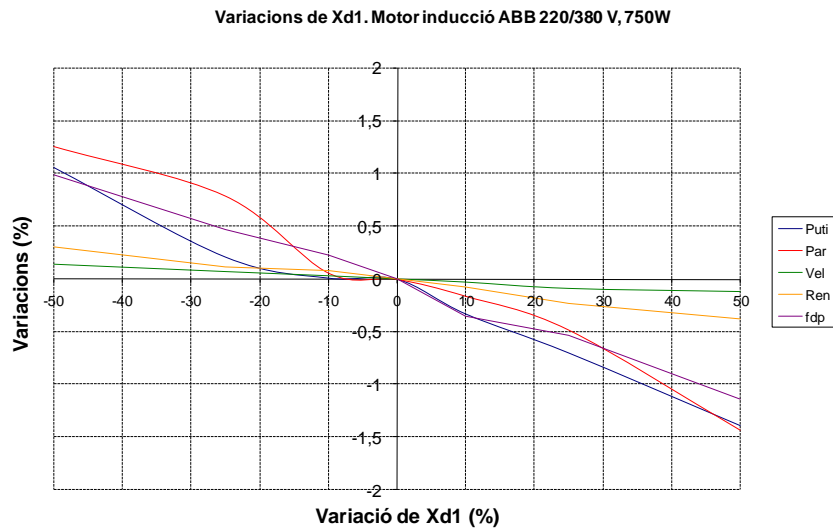
Variacions de RFe. Motor inducció ABB 220/380 V, 750W



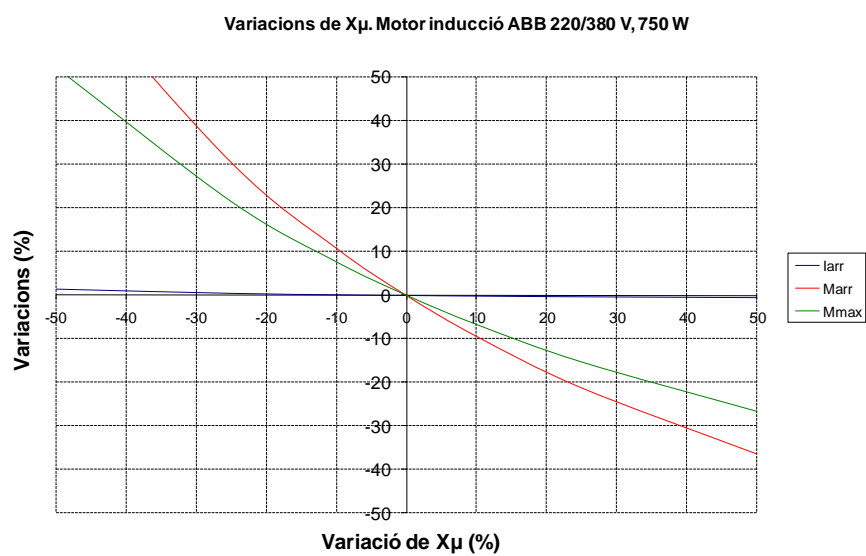
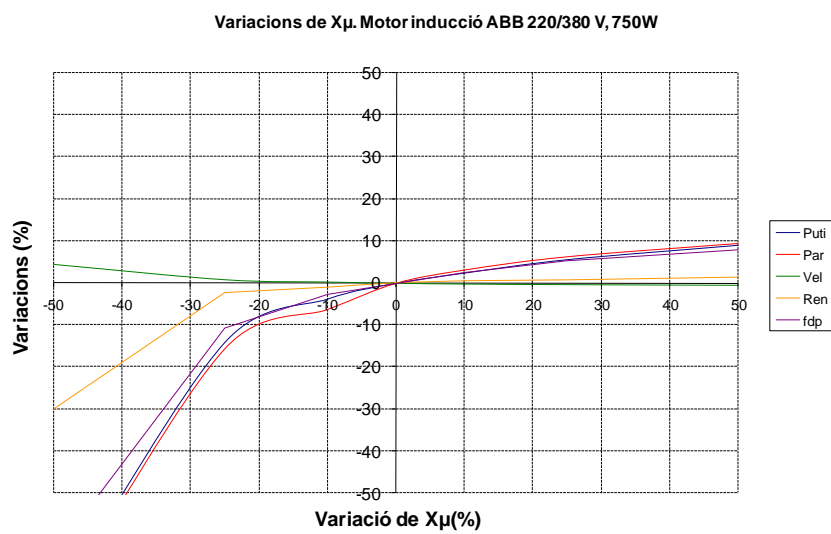
Variacions de RFe. Motor inducció ABB 220/380 V, 750 W



c) Para X_{d1} y X_{d2} :



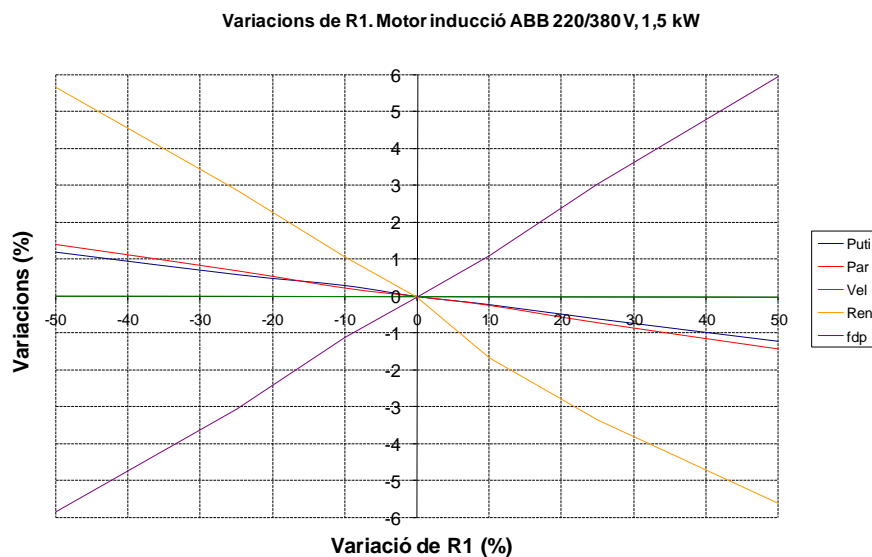
d) Para X_u :



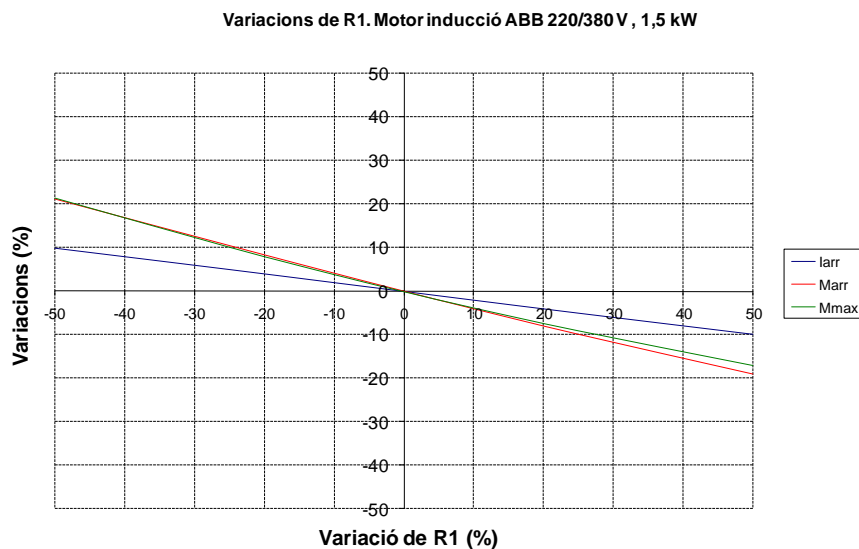
Para el motor ABB 1,5 kW.

2. Variación de R_1 .

En estas gráficas podemos observar como va variando el comportamiento del circuito respecto al tanto por ciento que hemos variado la R_1 .

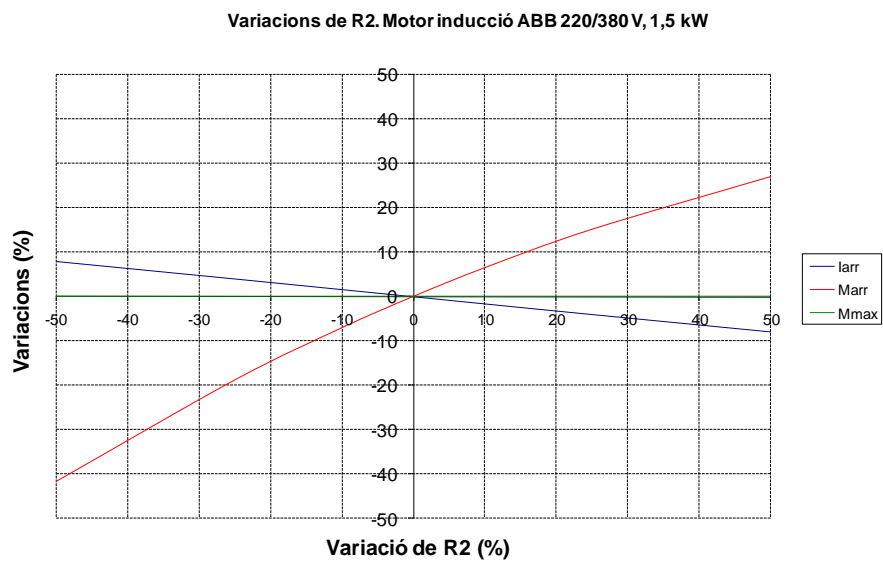
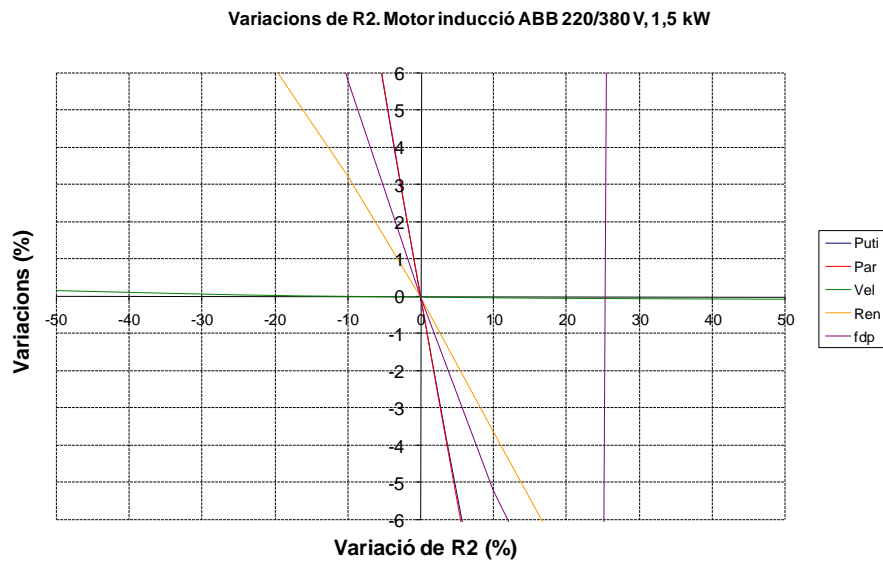


En esta gráfica se observa que R_1 no influye en la velocidad del motor y todos de demás valores varían de una forma lineal donde el grado de inclinación depende de cada característica.

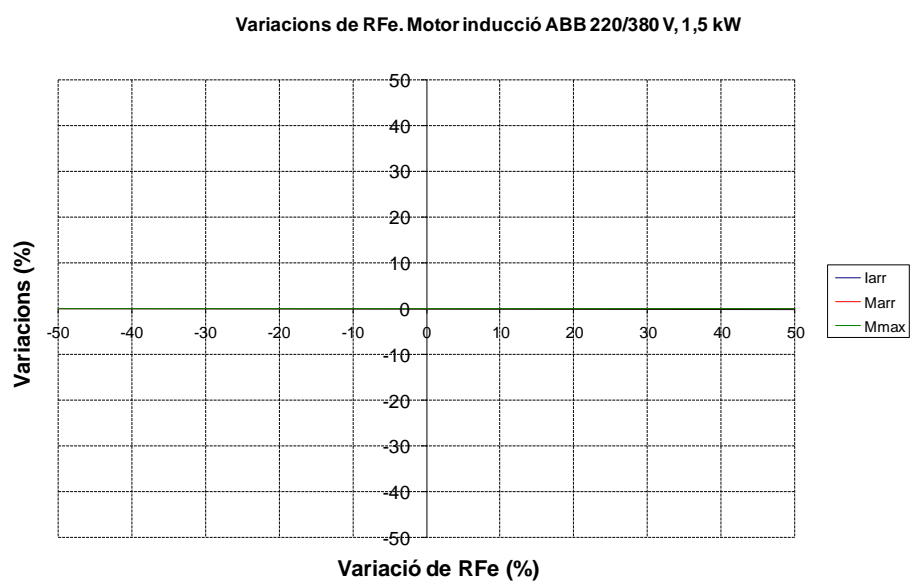
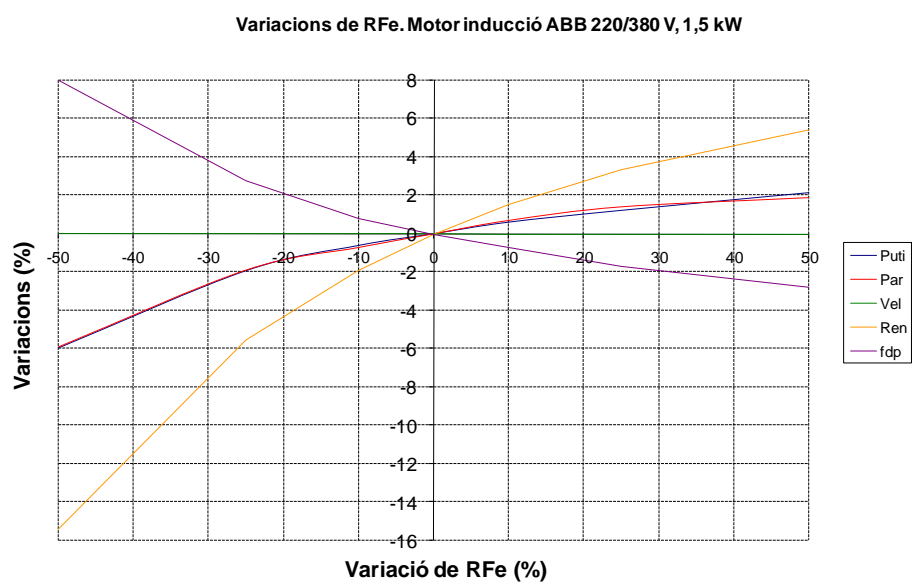


La variación de R_1 influye de una forma lineal sobre las siguientes características: la corriente de arranque, par de arranque y par máximo.

e) Para R2:

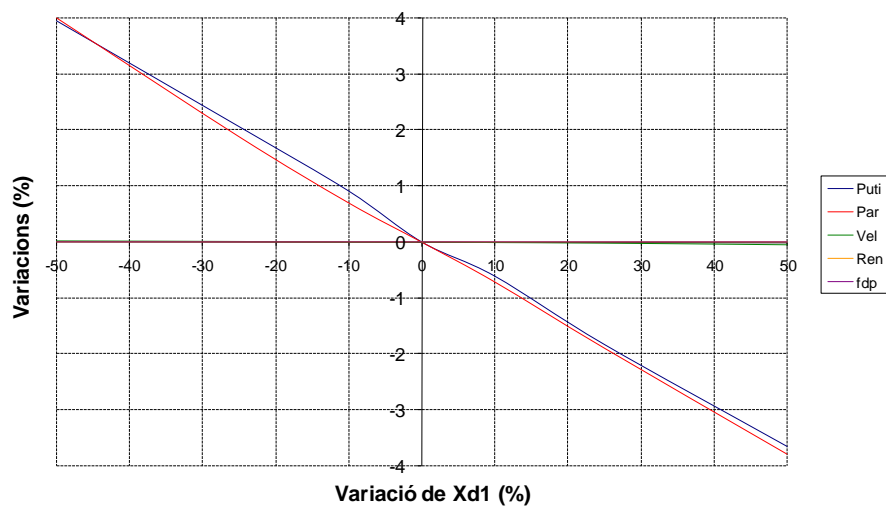


f) Para Rfe

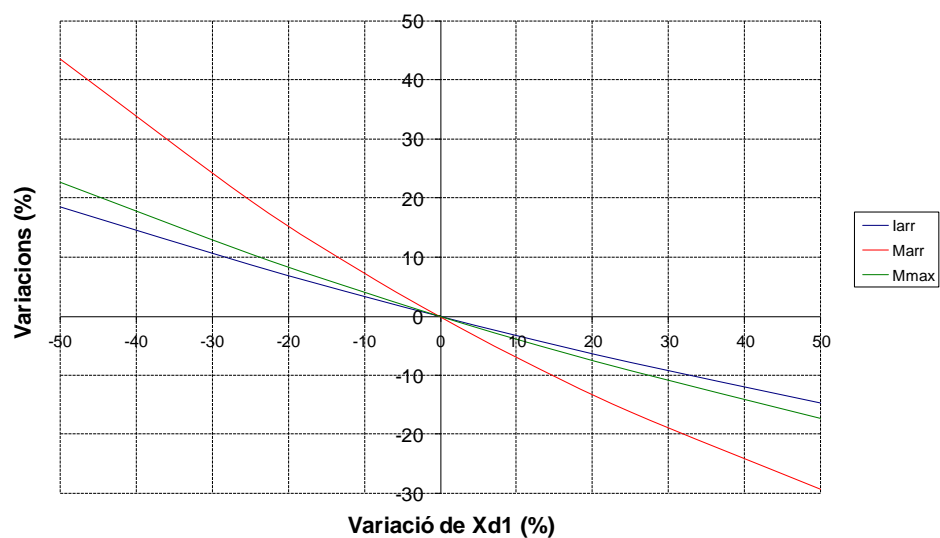


g) Para Xd1:

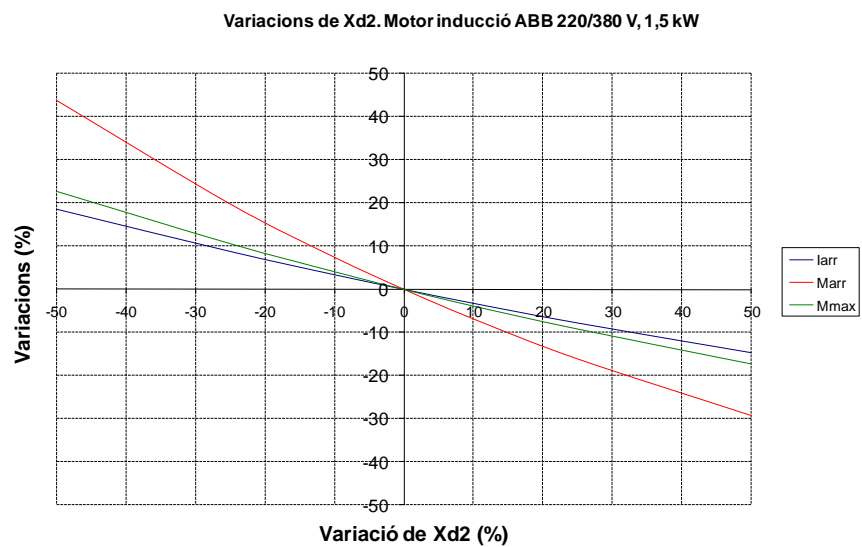
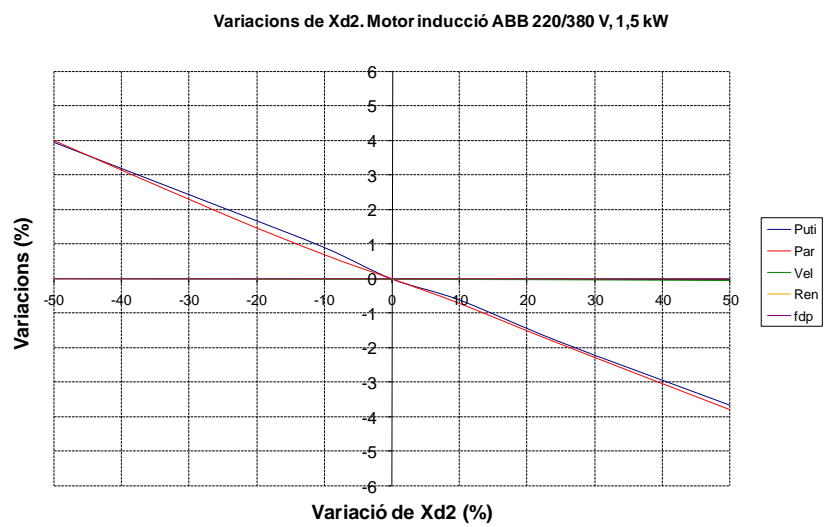
Variacions de Xd1. Motor inducció ABB 220/380 V, 1,5 kW



Variacions de Xd1. Motor inducció ABB 220/380 V, 1,5 kW



h) Para Xd2:



i) Para X_u :

